


ISBN 978-93-80153-14-8





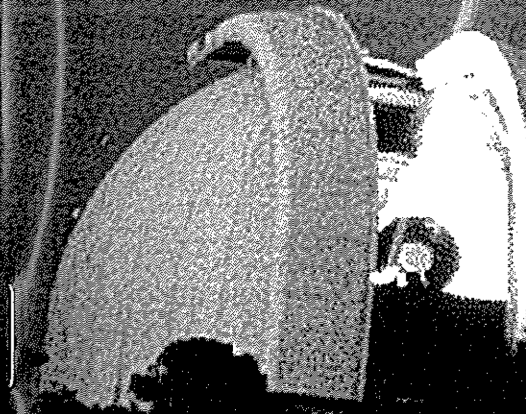



ఎలా తెలుసుకున్నాం? -27

# లేజర్

ఐజాక్ అసిమోవ్

అనువాదం
డా॥ వి. శ్రీనివాస చక్రవర్తి





విజ్ఞాన ప్రచురణలు



మంచి పుస్తకం

ఎలా తెలుసుకున్నాం - 27

# లేజర్

ఐజాక్ అసిమోవ్

అనువాదం : డా|| వి. శ్రీనివాస చక్రవర్తి


విజ్ఞాన ప్రచురణలు


మంచి పుస్తకం

How Did We Find Out About LASERS? by Isaac Asimov

*ఎలా తెలుసుకున్నాం? - 27*

**లేజర్**

రచయిత : ఐజాక్ అసిమోవ్
అనువాదం : డా॥ వి. శ్రీనివాస చక్రవర్తి
మొదటి ముద్రణ : సెప్టెంబరు, 2009
రెండవ ముద్రణ : డిసెంబరు, 2012
మూడవ ముద్రణ : నవంబరు, 2017
ప్రతుల సంఖ్య : 2000

**వెల : రూ. 25/-**

ISBN No. 978-93-80153-14-8
ప్రచురణ, ప్రతులకు :
**విజ్ఞాన ప్రచురణలు**
**ప్రజా సైన్స్ వేదిక**
జి. మాల్యాద్రి, ప్రచురణల విభాగం
162, విజయలక్ష్మీనగర్, నెల్లూరు - 524 004,
ఫోన్: 94405 03061

**మంచి పుస్తకం**
12-13-439, వీధి నెం. 1,
తార్నాక, సికింద్రాబాద్ - 500 017.
ఫోను: 94907 46614
email: info@manchipustakam.in
website: www.manchipustakam.in

ముద్రణ :
చరిత ఇంప్రెషన్స్,
1-9-1126/బి, అజామాబాద్,
హైదరాబాద్-20. ఫోన్: 040-2767 8411

# విషయ సూచిక


| | | | |
|---|---|---|---|
| 1. | తరంగాలు | . . . | 05 |
| 2. | కిరణాలు - శక్తి | . . . | 11 |
| 3. | మేసర్ | . . . | 17 |
| 4. | లేజర్లు | . . . | 26 |
| 5. | లేజర్ల ప్రయోజనాలు | . . . | 32 |

# 1. తరంగాలు

మనం చూసే కాంతి చిన్న చిన్న కాంతి తరంగాల సమ్మిళిత ధార. ఇలాంటి కాంతి తరంగాలని వరసగా పేరిస్తే ఒక అంగుళం పొడవు ఉంటాయి. అంటే ఒక్క తరంగం పొడవు అంగుళంలో 1/50,000 వంతు అన్నమాట. దీన్నే తరంగ దైర్ఘ్యం అంటారు.

తరంగ దైర్ఘ్యాన్ని అంగుళాలలో కన్నా మీటర్లలో కొలిస్తే అనువుగా ఉంటుంది. ప్రపంచంలో చాలా దేశాలలో వైజ్ఞానిక ప్రయోజనాల కోసం అంగుళాల కన్నా మీటర్లనే ఎక్కువగా వాడతారు.

ఒక మీటరు అంటే 39.37 అంగుళాలు, ఇంచుమించు 3.28 అడుగులు. అంటే చాలా పొడవే. కాని మీటర్లని ఇంకా చిన్న భాగాలుగా విభజించవచ్చు. మీటర్లో పదో వంతు, నూరో వంతు, వెయ్యో వంతు ఇలా విభజిస్తూ పోవచ్చు. అలాంటి కొలమానాన్నే మెట్రిక్ వ్యవస్థ అంటారు.

1 సెంటీమీటరు అంటే = 1/100 మీటరు

1 మిల్లీమీటరు అంటే = 1/1000 మీటరు

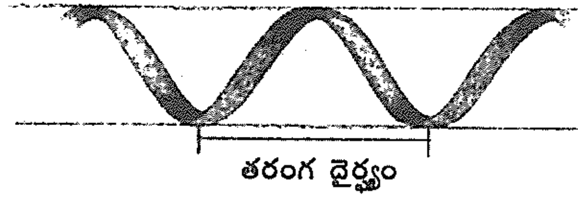
1 మైక్రోమీటరు అంటే = 1/1000 మిల్లీమీటరు

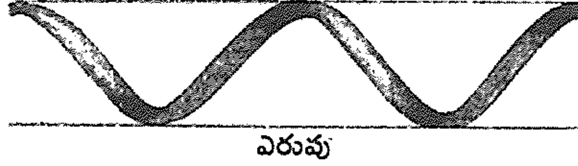
1 నానోమీటరు అంటే = 1/1000 మైక్రోమీటరు

కాంతి తరంగం పొడవు 500 నానోమీటర్ల దాకా ఉంటుంది. అంటే అంగుళంలో 1/50,000 ఉంటుంది.

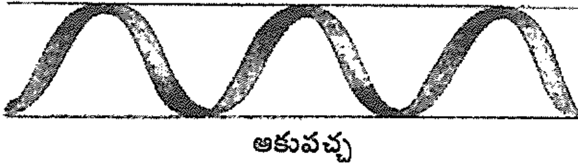
ప్రపంచం అంతటా ఇలాంటి కొలతలకి శాస్త్రవేత్తలు నానోమీటర్లనే వాడుతున్నారు.

కాంతి తరంగాలు అన్నీ ఒకే పొడవులో ఉండవు. కొన్ని కాస్త పొడుగ్గాను, కొన్ని కాస్త పొట్టిగా కూడా ఉంటాయి. ఆ తేడా ఏమిటో చూస్తే తెలుస్తుంది. ఎందుకంటే వివిధ తరంగ దైర్ఘ్యాలు గల కాంతి తరంగాలు కంటికి వివిధ రంగుల్లో కనిపిస్తాయి.

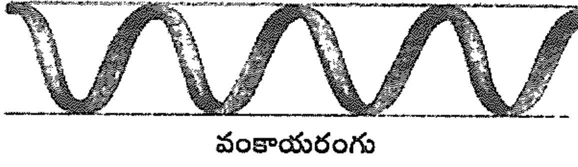


ఎరుపు



ఆకుపచ్చ



వంకాయరంగు

తరంగ దైర్ఘ్యాలలో తేడాలు

మనకి కనిపించే కాంతులలో అత్యధిక తరంగ దైర్ఘ్యం గల కాంతి మనకి ఎర్రగా కనిపిస్తుంది. దాని తరంగ దైర్ఘ్యం రమారమి 780 నానోమీటర్లు ఉంటుంది. అలాగే మనకి కనిపించే కాంతిలో అతితక్కువ తరంగ దైర్ఘ్యం గల కాంతి మనకి వంకాయ (వయొలెట్) రంగులో కనిపిస్తుంది. ఆ తరంగాల పొడవు 390 నానోమీటర్లు. ఈ రెండిటి మధ్య నారింజ, పసుపు పచ్చ, ఆకుపచ్చ, నీలం మొదలైన రంగులు ఉన్నాయి.

ప్రతి రంగుకి కొన్ని తరంగ దైర్ఘ్యాల విస్తృతి ఉంటుంది. తరంగ దైర్ఘ్యం మారుతుంటే క్రమంగా ఒక రంగు మరో రంగుగా మారిపోతుంది. కాబట్టి రంగుకి రంగుకి మధ్య కచ్చితమైన సరిహద్దులు ఏమీ లేవు. వివిధ రంగుల సగటు తరంగ దైర్ఘ్యాలని ఒక పట్టికలా వేసుకుంటే ఇలా ఉంటుంది–



| | | |
|---|---|---|
| ఎరుపు | 700 | నానోమీటర్లు |
| నారింజ | 600 | నానోమీటర్లు |
| పసుపు పచ్చ | 580 | నానోమీటర్లు |
| ఆకుపచ్చ | 520 | నానోమీటర్లు |
| నీలం | 450 | నానోమీటర్లు |
| వంకాయరంగు | 410 | నానోమీటర్లు |

గాల్లోంచి నీటిలోకి గాని, గాజులోకి గాని కాంతి ప్రవేశిస్తున్నప్పుడు కాంతి వంగుతుంది. తరంగ దైర్ఘ్యం ఎంత తక్కువగా ఉంటే కాంతి అంత ఎక్కువగా వంగుతుంది. సూర్యకాంతి ఒక నీటి బిందువులోనుంచి ప్రవేశిస్తున్నప్పుడు వివిధ రంగుల కాంతులు వివిధ స్థాయిలలో వంగుతాయి. అందువల్ల తెల్లని కాంతిలో ఉన్న రంగులు అన్నీ విడిపోతాయి. ఆకాశంలో మనం ఇంద్రధనుస్సుని చూస్తున్నప్పుడు సరిగ్గా ఇదే జరుగుతోంది. నీటి బిందువులు కాంతిలోని వివిధ తరంగ దైర్ఘ్యాలని వేరు చేస్తాయి. అలా విడిపోయిన కాంతిలో ఒక రంగు మరో రంగుగా క్రమంగా మారటం చూస్తాం.



గాలినుంచి నీటిలోకి కాంతి పయనిస్తున్నప్పుడు వస్తువు వంగినట్లు భ్రమపడటం

అయితే ఇవన్నీ కేవలం మన కంటికి

కనిపించే కాంతులు.

780 నానోమీటర్లు కన్నా పొడవైన కాంతులు కూడా ఉన్నాయి. కాని ఆ కాంతిని చూడగల సామర్థ్యం మన కళ్ళకి లేదు.

అదే విధంగా 390 నానోమీటర్లు కన్నా తక్కువ తరంగ దైర్ఘ్యం ఉన్న కాంతి కూడా కంటికి కనిపించదు. అతిదీర్ఘమైన, అతిహ్రస్వమైన తరంగ దైర్ఘ్యాలు ఉన్న కాంతులు కూడా ఉన్నాయి.

జర్మనీలో పుట్టిన, బ్రిటిష్ శాస్త్రవేత్త విలియం హెర్షెల్ (1738–1822) 1800లో అతిదీర్ఘమైన తరంగాలని కనుక్కున్నాడు. ఈ అతిదీర్ఘ కాంతులని పరారుణ (infrared) కాంతి అంటారు. ఈ పరారుణ కిరణాల తరంగ దైర్ఘ్యం 780 నానోమీటర్లని దాటి, కోటి నానోమీటర్లు, అంటే ఒక సెంటీమీటరు పొడవు వరకు ఉండవచ్చు.

1801లో అతిహ్రస్వ కాంతులని జర్మన్ శాస్త్రవేత్త యోహాన్ విల్హెల్మ్ రిట్టర్ (1776–1810) కనుక్కున్నాడు. ఈ అతిహ్రస్వ తరంగాలని అతి నీలలోహిత (ultraviolet) తరంగాలు అంటారు (అంటే నీలలోహితానికి ఆవల అని అర్థం). ఈ అతినీలలోహిత కిరణాల పొడవు 390 నానోమీటర్ల వద్ద నుండి 10 నానోమీటర్ల వరకు ఉండవచ్చు.

కాని అలా ఎంత వరకు పోవచ్చు? అత్యధిక తరంగ దైర్ఘ్యం ఎంత పెద్దది? అతి చిన్న తరంగ దైర్ఘ్యం ఎంత చిన్నది?

1873లో జేమ్స్ క్లార్క్ మాక్స్వెల్ (1831–1879) అనే బ్రిటిష్ శాస్త్రవేత్త విద్యుత్తు, అయస్కాంతతలు రెండూ ఒకే తత్త్వపు రెండు ముఖాలు అని నిరూపించాడు. ఈ రెండిటి కలయికకే విద్యుదయస్కాంతత (electro-magnetism) అని పేరు.

విద్యుత్తు ప్రవహిస్తున్న వస్తువుల చుట్టూ గాని, అయస్కాంతత గల వస్తువుల చుట్టూ గాని విద్యుదయస్కాంత క్షేత్రం ఒకటి విస్తరించి ఉంటుంది. ఈ విద్యుదయస్కాంత క్షేత్రంలో పుట్టిన తరంగాలే విద్యుదయస్కాంత



కిరణాలు. మన కంటికి కనిపించే కాంతి, కంటికి కనిపించని పరారుణ, అతినీలలోహిత కాంతి, మొదలైనవన్నీ విద్యుదయస్కాంత కిరణాలకి ఉదాహరణలే.

అలాంటి కిరణాల తరంగ దైర్ఘ్యాలు ఎంతయినా ఉండొచ్చు – వేల మీటర్ల దగ్గర నుండి, నానోమీటర్లో భాగం దాకా, ఎంతయినా ఉండొచ్చని వాదించాడు మాక్స్వెల్.

1888లో హైన్రిక్ రుడోల్ఫ్ హెర్జ్ (1857– 1894) అనే జర్మన్ శాస్త్రవేత్త అతి దీర్ఘ తరంగాలని కనుక్కున్నాడు. వీటినే రేడియో తరంగాలు అంటారు. వీటిలో కొన్నిటి తరంగదైర్ఘ్యం నిజంగానే వేల మీటర్లు ఉంటుంది. అంటే వాటి తరంగదైర్ఘ్యం కిలోమీటర్ల పొడవు కూడా ఉంటుంది.

రేడియో తరంగాలలో అతి చిన్నవి, పరారుణ తరంగాల కన్నా కాస్తే పెద్దవి మైక్రోతరంగాలు (microwaves). ఈ మైక్రోతరంగాల తరంగదైర్ఘ్యం 1 మిల్లీమీటరు నుండి 150 మిల్లీమీటర్ల దాకా ఉండొచ్చు.

1895లో విల్హెల్మ్ కొన్రాడ్ రోయింట్జెన్ (1845– 1923) అనే మరో జర్మన్ శాస్త్రవేత్త అతి చిన్న విద్యుదయస్కాంత కిరణాలని కనుక్కున్నాడు. వాటికి ఎక్స్–కిరణాలు అని పేరు పెట్టాడు. వీటి తరంగ దైర్ఘ్యం ఒక నానోమీటర్ దగ్గర నుండి, 1/1000 నానోమీటర్ దాకా ఉండొచ్చు.

ఆ తరవాత సంవత్సరంలోనే ఆంట్వాన్ హెన్రీ బెక్రెల్ (1852–1908) అనే ఫ్రెంచ్ శాస్త్రవేత్త యురేనియం వంటి ప్రత్యేక మూలకాలలో నుంచి నిరంతరం ఏవో కిరణాలు వెలువడుతున్నాయని నిరూపించాడు. పాల్ ఉల్రిక్ వియార్డ్ (1960– 1934) అనే మరో ఫ్రెంచ్ శాస్త్రవేత్త యురేనియంలో నుంచి వచ్చే కిరణాలలో కొన్ని ఎక్స్–కిరణాల కన్నా పొట్టివి అని కనుక్కున్నాడు. వీటికి గామా కిరణాలు అని పేరు పెట్టాడు. వీటి తరంగదైర్ఘ్యం 1/100,000 నానోమీటర్ మాత్రమే ఉంటుంది.

అతిదీర్ఘమైన తరంగాల నుండి అతిచిన్న తరంగాల వరకు

విద్యుదయస్కాంత తరంగాల జాబితా:

రేడియో తరంగాలు

మైక్రోతరంగాలు

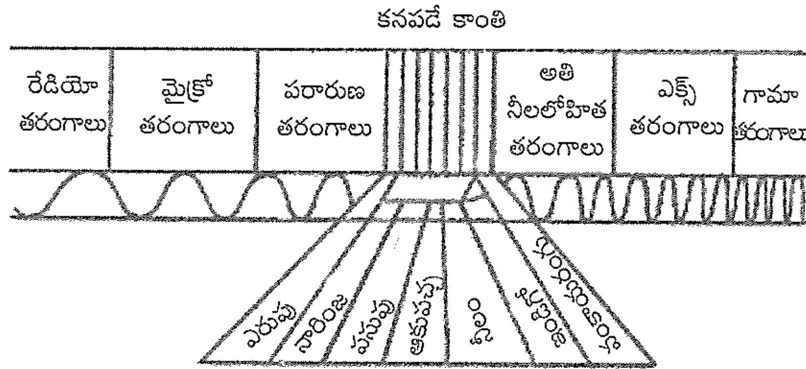
పరారుణ తరంగాలు

కనపడే కాంతి

అతినీలలోహిత తరంగాలు

ఎక్స్-తరంగాలు

గామా తరంగాలు




అతి చిన్న నుంచి పెద్ద వరకు తరంగ దైర్ఘ్యాలు ఉన్న వివిధ విద్యుదయస్కాంత తరంగాలు



# 2. కిరణాలు - శక్తి

కాంతి ఒక విధమైన శక్తి రూపం. శక్తి ఏ రూపంలో ఉన్నా పని చెయ్యగలదు కాబట్టి కాంతి కూడా పని చెయ్యగలదు.

నీటి ధారలలో శక్తి ప్రవహిస్తున్నట్లు కాంతి పుంజంలో కూడా శక్తి ప్రవహిస్తుంటుంది. ఆ శక్తి ఇంకా ఇంకా చిన్న అంశాలుగా విభాజనీయంగా అనిపిస్తుంది. నీటి ప్రవాహం కూడా మనకి అలాగే అనిపిస్తుంది. కాని నీటిని విభజిస్తూ పోతే అందులో కంటికి కనిపించనంత చిన్న పరమాణువులు ఉంటాయని మనకి తెలుసు.

సమమైన ప్రవాహంలా కనిపించే నీటిని విభజిస్తే అందులో అతిసూక్ష్మమైన పరమాణువులు ఉన్నట్లు, శక్తిలో కూడా ఒక స్థాయి కన్నా విభజింప శక్యంకానంత చిన్న అంశాలు ఉన్నాయా?

ఈ ప్రశ్నకి వివరణ కోసం 1900లో మాక్స్ కార్ల్ ఎర్నెస్ట్ లుడ్విగ్ ప్లాంక్ (1858-1947), ఇంకా చాలా మంది శాస్త్రవేత్తలు ప్రయత్నిస్తున్నారు. వేడెక్కిన వస్తువుల నుండి వెలువడే తరంగ దైర్ఘ్యాల విస్తరణని తెలుసుకోవాలని వాళ్ళ ప్రయత్నం. కాని ఎంత ప్రయత్నించినా వాళ్ళ సిద్ధాంతాలు చెప్పిన అంచనాలు, ప్రయోగ ఫలితాలతో సరిపోవటం లేదు. ప్రయోగంతో సరిపోని సిద్ధాంతం నిష్ప్రయోజకం.

శక్తి సంతత ధారగా, అవిచ్ఛిన్నంగా ప్రవహిస్తోందని మిగతా శాస్త్రవేత్తలు అందరూ అనుకున్నారు. అంటే కాంతిలో చిన్న చిన్న అంశాలు లేవని నమ్మారు. కాని నిజంగా కాంతిలో అలాంటి చిన్న చిన్న అంశాలు ఉంటేనో? అని ప్లాంక్ తనని తాను ప్రశ్నించుకున్నాడు.

ఆ సాధ్యతని సిద్ధాంతంలోకి చొప్పించి, వేడెక్కిన వస్తువుల నుండి వెలువడే కిరణాల తరంగ దైర్ఘ్యాల విస్తరణని అంచనా వేశాడు. ఈ కొత్త అంచనా ప్రయోగ ఫలితాలతో సరిగ్గా సరిపోయింది.

అయితే ఆ శక్తి అంశాలలో ఒక్కొక్క దాంట్లో ఎంత శక్తి ఉండివుంటుందని ప్లాంక్ ఆలోచించాడు. ఆ శక్తి విలువని అంచనా వెయ్యగా దాని విలువ చాలా చాలా చిన్నదని తెలిసింది. ఆ అత్యంత స్వల్పమైన శక్తి అంశానికి క్వాంటం అని పేరు పెట్టాడు (క్వాంటం అంటే లాటిన్‌లో "ఎంత?" అని అర్థం). ఈ క్వాంటంల గురించి అతడు రూపొందించిన సిద్ధాంతానికి క్వాంటం సిద్ధాంతం అని పేరు వచ్చింది. వాటి విలువ అంత చిన్నది కాబట్టే వాటిని గుర్తించడానికి శాస్త్రవేత్తలకి అంత కాలం పట్టింది.

ఈ కృషికి ఫలితంగా 1918లో ప్లాంక్‌కి నోబెల్ బహుమతి వచ్చింది.


తన అధ్యయన గదిలో మాక్స్ ప్లాంక్

కాంతిలో అతి స్వల్పమైన ఈ అంశానికి చివరకి ఫోటాన్ అని పేరు వచ్చింది. ఒక ఫోటాన్‌లోని శక్తి విద్యుదయస్కాంత కిరణాల తరంగ దైర్ఘ్యం మీద ఆధారపడి ఉంటుందని ప్లాంక్ కనుక్కున్నాడు. తరంగ దైర్ఘ్యం ఎంత తక్కువ అయితే ఫోటాన్‌లోని శక్తి అంత ఎక్కువ అవుతుంది.

ఉదాహరణకి వంకాయ రంగు కాంతి తరంగ దైర్ఘ్యం ఎర్ర కాంతి తరంగ దైర్ఘ్యంలో సగం ఉంటుంది. అంటే వయొలెట్ కాంతికి చెందిన ఫోటాన్‌లోని శక్తి ఎర్ర కాంతి ఫోటాన్‌లోని శక్తికి రెండు రెట్లు ఉంటుంది.

ఒక ఎర్ర కాంతిపుంజాన్ని, ఒక వయొలెట్ కాంతిపుంజాన్ని తీసుకుంటే



రెండింటిలో ఒకే శక్తి ఉన్నా వయొలెట్ కాంతి పుంజంలో ఫోటాన్ల శక్తి హెచ్చుగా ఉంటుంది. ఇది చాలా ముఖ్యమైన విషయం.

ఉదాహరణకి ఎవరైనా మీ మీద ఒక కిలో పిండి గుమ్మరించారని అనుకోండి. మీకు పెద్దగా ఏమి అనిపించదు. అలా కాకుండా ఒక కిలో గులకరాళ్ళు మీ మీద విసిరారు అనుకోండి. కొంచెం నొప్పి పెడుతుంది. అదే ఒక కిలో బరువున్న రాయి పెట్టి కొట్టారనుకోండి. చాలా నొప్పి పెడుతుంది.

ఫోటో ఫిల్మ్ మీద ఉండే రసాయనంతో కాంతి చర్య జరిపి దాన్ని నల్లబరుస్తుంది. ఆ విధంగానే మనం తీసే ఫోటోలు తయారవుతాయి. ఎర్ర కాంతి ఫోటాన్లు ఎంత బలహీనమైనవి అంటే మామూలు ఫిల్మ్ మీద వాటికి పెద్దగా ప్రభావమే ఉండదు. అందుకే తరచు ఫిల్మ్‌లని కడిగే గదిలో ఎర్రని నేపథ్య కాంతిని వాడతారు. మనం ఏం చేస్తున్నామో మనకి కనిపిస్తుంది, ఫిల్మ్ కూడా పాడవ్వదు. అదే తక్కువ తరంగ దైర్ఘ్యం ఉన్న కాంతితో అయితే ఫిల్మ్ వెంటనే నల్లబడిపోతుంది.

ఇక ఎర్ర కాంతి కన్నా పొడవైన తరంగాలు ఉన్న కాంతికి మరింత తక్కువ శక్తి ఉంటుంది. దృశ్య కాంతి కన్నా పరారుణ కాంతి శక్తి తక్కువగా ఉంటుంది. మైక్రోతరంగాలలో ఇంకా తక్కువ శక్తి ఉంటుంది.

వర్ణపటానికి ఇవతలి కొసలో కూడా ఈ సూత్రమే వర్తిస్తుంది. అతినీలలోహిత కిరణాలకి దృశ్య కాంతి కన్నా తరంగ దైర్ఘ్యం తక్కువగా ఉంటుంది కాబట్టి, శక్తి ఎక్కువగా ఉంటుంది. అలాగే ఎక్స్-కిరణాలలో మరింత శక్తి, గామా కిరణాలలో ఇంకా ఎక్కువ శక్తి ఉంటుంది.

తరంగ దైర్ఘ్యం తగ్గుతున్న కొద్దీ కిరణాలలోని శక్తి మనకి అనుభవం అవుతుంది కూడా. రేడియో, టీవీ కేంద్రాల నుండి ప్రసారం అయ్యే రేడియో తరంగాలు మన చుట్టూ ఎప్పుడూ ఉన్నా, వాటి శక్తి తక్కువ కాబట్టి అవి మనకి హాని చెయ్యవు. కాని సూర్యకాంతి మన చర్మాన్ని నల్లబరుస్తుంది.

చర్మం మరీ తెల్లగా ఉంటే సూర్యకాంతి వల్ల మాడిపోవచ్చు కూడా.

సూర్యకిరణాలు, ముఖ్యంగా తక్కువ తరంగ దైర్ఘ్యం గల కిరణాలు, చర్మం మీద ఎక్కువ కాలం పడ్డాయంటే చర్మసంబంధ క్యాన్సరు రావచ్చు. సూర్యకాంతిలో ఉండే అతినీలలోహిత కిరణాల వల్లే ఇలాంటి హాని కలుగుతుంది.

ఇక ఎక్స్-కిరణాలు, గామా-కిరణాలు మరింత హానికరమైనవి. ఎక్స్-కిరణాలు వాడి శరీరంలో అంతరంగ నిర్మాణాన్ని డాక్టర్లు, డెంటిస్టులు పరిశీలిస్తారు. కాని అలాంటి సందర్భాలలో ఎక్స్-కిరణాలతో సంపర్కం చాల క్లుప్తంగానే ఉంటుంది. గామా కిరణాలు మరింత ప్రమాదకరమైనవి.

ఒక వస్తువు చుట్టూ దాని కన్నా చల్లని పదార్థం ఉన్నప్పుడు, ఆ వస్తువు విద్యుదయస్కాంత కిరణాలని వెలువరించి చల్లబడుతుంది. ఒక వస్తువు చుట్టూ దాని కన్నా వెచ్చని పదార్థం ఉన్నప్పుడు, ఆ వస్తువు చుట్టూ ఉన్న పదార్థం నుండి విద్యుదయస్కాంత రూపంలో వేడిని గ్రహించి వేడెక్కుతుంది. అంటే విద్యుదయస్కాంత కిరణాలు ఎప్పుడూ వేడి వస్తువు నుండి చల్లని వస్తువులోకి ప్రవహించి, రెండింటి ఉష్ణోగ్రతలని సమం చేస్తాయి.

కాబట్టి విశ్వంలో ప్రతి చోటా ఫోటాన్లు ఒక వస్తువు నుండి మరో వస్తువు మీదకి ఎగురుతున్నాయి. కొన్ని వస్తువుల నుండి ఫోటాన్లు ఎప్పుడూ వెలువడుతూనే ఉంటాయి. దీన్నే కిరణ ఉద్గారం (emission of radiation) అంటారు.

ఫోటాన్లని వెలువరించే వస్తువులు రకరకాల తరంగ దైర్ఘ్యాల వద్ద వాటిని వెలువరిస్తాయి. కొన్ని ప్రత్యేక తరంగ దైర్ఘ్యాలు, ఇతర తరంగ దైర్ఘ్యాల కన్నా ఎక్కువగా వెలువడతాయి. సాధారణంగా కొన్ని మధ్యంతర తరంగ దైర్ఘ్యాలు ఎక్కువగా వెలువడతాయి. తరంగ దైర్ఘ్యం అంతకన్నా ఎక్కువైనా, తక్కువైనా వెలువడే శక్తి తక్కువగా ఉంటుంది. మరీ ఎక్కువ



తరంగ దైర్ఘ్యం, మరీ తక్కువ తరంగ దైర్ఘ్యం గల తరంగాలు తక్కువగా వెలువడతాయి. క్వాంటం సిద్ధాంతం వీటన్నిటినీ చక్కగా వివరిస్తుంది.

ఒక వస్తువు ఇంకా ఇంకా వేడెక్కుతోంది అనుకుందాం. అలా వేడెక్కుతున్న వస్తువు ఇంకా ఇంకా ఎక్కువ ఫోటాన్లు వెలువరిస్తుంది. అంతే కాకుండా ఉష్ణోగ్రత పెరుగుతున్నకొద్దీ వెలువడే ఫోటాన్ల శక్తి కూడా సగటున ఎక్కువ అవుతూ ఉంటుంది. అంటే వేడి వస్తువుల నుండి వెలువడే కిరణాల సగటు తరంగ దైర్ఘ్యం చల్లని వస్తువుల నుండి వెలువడే కిరణాల సగటు తరంగ దైర్ఘ్యం కన్నా తక్కువగా ఉంటుంది.

అంటే బాగా చల్లని వస్తువుల నుండి రేడియో తరంగాల, మైక్రో తరంగాలకి చెందిన ఫోటాన్లే వెలువడతాయి. మానవ శరీరం అంత వెచ్చగా ఉన్న వస్తువు నుండి ఎక్కువగా పరారుణ తరంగాలే వెలువడతాయి.

మరుగుతున్న నీళ్ళున్న పాత్ర నుండి ఎక్కువగా పరారుణ కిరణాలే వెలువడతాయి. పాత్రకి దగ్గరగా (పాత్రని తాకకుండా!) చెయ్యి పెడితే ఆ కిరణాల వేడి అనుభవమవుతుంది. మీ చెయ్యి పాత్ర కన్నా చల్లగా ఉంటుంది కాబట్టి పాత్ర నుండి వచ్చే పరారుణ కిరణాలని అది లోనికి గ్రహించి వెచ్చబడుతుంది.

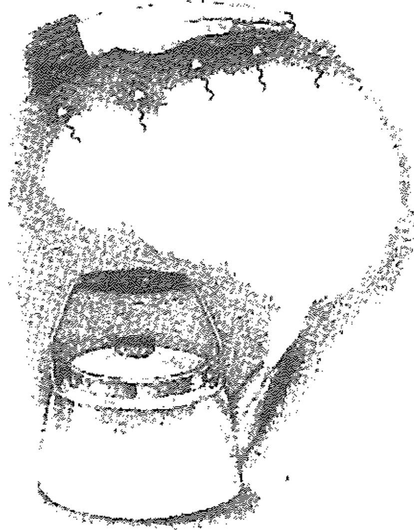
ఒక వస్తువుని వేడిచేస్తూ పోతే ఏదో ఒక దశలో దాని నుండి కనపడే కాంతికి చెందిన కిరణాలు వెలువడతాయి. తరంగ దైర్ఘ్యం ఎక్కువగా ఉన్న కిరణాలే ఎక్కువగా వెలువడతాయి. అందుకే వేడెక్కిన వస్తువు ఎర్రగా మెరుస్తూ కనిపిస్తుంది. ఆ వస్తువుని ఇంకా అలాగే వేడెక్కిస్తూ పోతే ఇంకా ఇంకా తక్కువ తరంగ దైర్ఘ్యాల వద్ద కిరణాలు వెలువడే వస్తువు తెల్లగా వెలుగుతూ కనిపిస్తుంది.

అందుకే సూర్యుని ఉపరితలానికి తెల్లని ప్రకాశం ఉంటుంది. మనం చలి మంట రాజేసుకున్నప్పుడు అందులోని మంట సూర్యుడి ఉపరితలం అంత వేడిగా ఉండదు. అందుకే దాని జ్వాలలు నారింజ రంగులోను,

పసుపు పచ్చగాను కనిపిస్తాయి.

ఏ వస్తువులోనైనా అందులో ఉండే పరమాణువుల, అణువుల సముదాయాలకి కొంత శక్తి ఉంటుంది. పైగా ఆ రేణువులు నిరంతరం సంచలనంగా కదులుతూ ఉంటాయి. ఆ కదలిక వల్ల పరమాణువుల మధ్య ఫోటాన్ల మార్పిడి జరుగుతూ ఉంటుంది. కొన్ని ఫోటాన్లు బయటికి కూడా వెలువడతాయి.

ఫోటాన్లు వెలువడే తీరు ఈ విధంగా ఉంటుంది: ఒక పరమాణువు నుండి ఒక తరంగ దైర్ఘ్యం వద్ద వెలువడే ఫోటాన్ ఒక ప్రత్యేక దిశలో ప్రసారం అవుతుంది. మరో పరమాణువు మరో తరంగ దైర్ఘ్యం వద్ద మరో ఫోటాన్‌ని వెలువరిస్తుంది.


వస్తువు వేడెక్కుతున్నకొద్దీ
వెలువడుతున్న ఫోటాన్లు

అంటే ఆ వస్తువు నుండి వివిధ తరంగ దైర్ఘ్యాల వద్ద ఫోటాన్లు నలుదిశలలో చెల్లాచెదురుగా ప్రయాణిస్తుంటాయి అన్నమాట. సూర్యుడు, చలిమంట, కొవ్వొత్తి, విద్యుద్దీపాలు, వేణ్ణీళ్ళ పాత్ర – ఒక్కటేమిటి వేడెక్కిన సమస్త వస్తువులకీ ఈ సూత్రం వర్తిస్తుంది. ఫోటాన్లు మరో విధంగా వెలువడే అవకాశమే లేదని అనుకుంటాం.



# 3. మేసర్

1917లో ఆల్బర్ట్ ఐన్‌స్టయిన్ (1879– 1955) అన్న జర్మన్ శాస్త్రవేత్త ఫోటాన్లు వెలువడే తీరు గురించి ఆలోచించాడు. ఒక పరమాణువు గాని, కొన్ని పరమాణువుల సమూహం గాని, దాని అంతరంగ విన్యాసానికి సరిపోయినంత శక్తి గల ఫోటాన్‌ని మాత్రమే లోనికి తీసుకుని, మరింత ఉన్నత శక్తి స్థాయికి ఎదుగుతాయి అని అతడికి అనిపించింది. ఆ సందర్భంలో ఆ పరమాణువుగాని, పరమాణు సముదాయం గాని ఉత్తేజితం (excited) అవుతుంది అన్నమాట. కాసేపటి తరువాత అది అంతే శక్తి గల ఫోటాన్‌ని వెలువరించి తిరిగి మునుపటి శక్తి స్థాయికి దిగివస్తుంది. వివిధ పరమాణువులు వివిధ కాలాలలో, వివిధ దశలలో ఈ ఫోటాన్లని వెలువరిస్తాయి.

ఇప్పుడు ఒక పదార్థంలోని పరమాణువులను అన్నిటిని ఉత్తేజితం చెయ్యగలిగాం అనుకుందాం. వాటన్నిటికి ఈ అదనపు శక్తి వస్తుంది. ఇప్పుడు సరిగ్గా ఆ పరమాణువుని ఉత్తేజితం చెయ్యగలిగేటంత శక్తి గల ఫోటాన్ వచ్చిందని అనుకుందాం. అది పరమాణువుని ఢీకొంటుంది గాని, ఆ పరమాణువు అప్పటికే ఉన్నత శక్తి స్థాయిలో ఉంది కాబట్టి ఇంకా ఉత్తేజితం కాలేదు. ఉత్తేజితం కాకపోగా అది తిరిగి మునుపటి కింది శక్తి స్థాయికి దిగి వచ్చి, ఒక ఫోటాన్‌ని వెలువరిస్తుంది. పరమాణువుని ఢీకొన్న ఫోటాన్‌కి ఎంత శక్తి ఉందో, అందులో నుంచి వెలువడ్డ ఫోటాన్‌కి కూడా అంతే శక్తి ఉంటుంది. అంతే కాకుండా ఇప్పుడు కొత్తగా పుట్టిన ఫోటాన్, ఢీకొన్న ఫోటాన్ దిశలోనే ప్రయాణిస్తుంది.

ఇప్పుడు సరైన శక్తి గల రెండు ఫోటాన్లు పుడతాయి. ఈ రెండు ఫోటాన్లని ఉద్గారించేట్లు చేస్తాయి. ఈ నాలుగూ మరి నాలుగు పరమాణువులని ఢీకొని మరో నాలుగు ఫోటాన్లు పుడతాయి. ఇదంతా

ఎంత వేగంగా జరిగిపోతుందంటే కన్ను మూసి తెరిచేంతలో కోటానుకోట్ల ఫోటాన్లు ఉద్గారమై, అన్నీ ఒకే శక్తి గలిగి ఒకే దిశలో ప్రయాణిస్తుంటాయి.

మామూలుగా సూర్యుడి నుండి, చలిమంట నుండి చిందరవందరగా నానా తరంగ దైర్ఘ్యాల వద్ద వెలువడే కిరణ ఉద్గారం లాంటిది కాదిది. ఈ రకమైన ఉద్గారం కేవలం ఉత్తేజిత స్థితిలో ఉన్న పరమాణువులు సరైన శక్తి గల కిరణాల చేత ఢీకొనబడ్డప్పుడే జరుగుతుంది.

ఈ ప్రక్రియలో పరమాణువులు ఫోటాన్ల చేత ఉత్తేజితమవుతున్నాయి కాబట్టి, ఈ రకమైన ఉద్గారాన్ని ఉత్తేజిత కిరణ ఉద్గారం (stimulated emission) అంటారు.

ఈ ప్రక్రియ ఆరంభంలో ఒక్క ఫోటాన్ ఉన్నా చిటికెలో అసంఖ్యాకమైన ఫోటాన్లు పుట్టుకొస్తాయి. ఆదిలో ఒక్క ఫోటాన్ ఉన్నప్పుడు గుర్తించడం సాధ్యం కాకపోవచ్చు. కాని అసంఖ్యాకమైన ఫోటాన్లు జనించాక తేలికగా గుర్తుపట్టవచ్చు. అంటే మొదట్లో ఉన్న ఒక్క ఫోటాన్ సవర్ధనమై (amplify) తేలికగా కనిపించేటంత శక్తిని పుంజుకుంది అన్నమాట. దీన్నే మనం ఉత్తేజిత కిరణ ఉద్గారంతో సంవర్ధనం (amplification by stimulated emission of radiation) అంటాం.

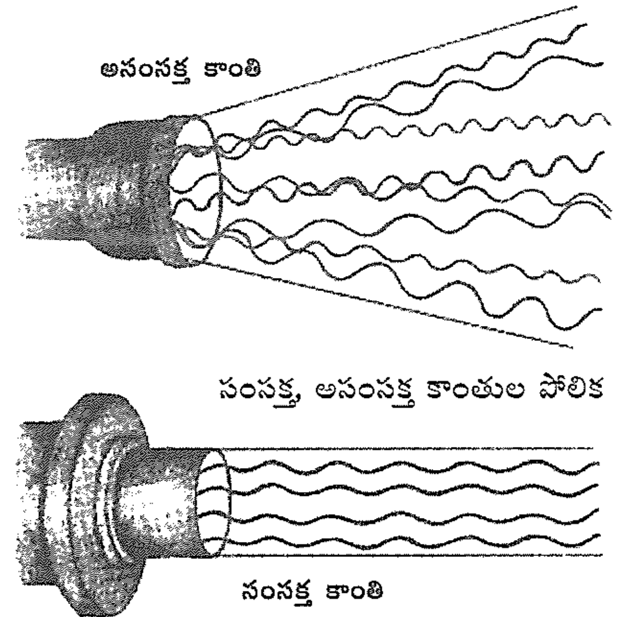
ఒక్కొక్క కిరణం ఒక్కొక్క దిశలో తరంగ దైర్ఘ్యం వద్ద ప్రసారం అయ్యే సామాన్య కాంతిలో, కిరణాలు కలిసికట్టుగా, పొందిగ్గా, సంసక్తంగా (coherent) ఉండవు. అన్నీ చెల్లా చెదురుగా పోతుంటాయి. అందుకే కాంతిపుంజం తేలికగా విస్తరించిపోతుంది. కిరణాలు సమాంతరంగా ప్రసరించేట్లుగా కాంతిని మళ్ళించే పుటాకార దర్పణంలో (concave mirror) (టార్చిలో, వాహనాల హెడ్‌లైట్లలో ఉండేలాంటివాటితో) కూడా కాంతి వేగంగా విస్తరిస్తుంది. అలాంటి కాంతిని అసంసక్త (incoherent) కాంతి అంటారు. అంతేకాక అది బహుళ వర్ణ (polychromatic) కాంతి.

ఉత్తేజిత కిరణ ఉద్గారంలో మాత్రం కిరణాలన్నీ ఒకే తరంగ దైర్ఘ్యం



వద్ద ఉంటాయి. అందుకే అది ఏకవర్ణ (monochromatic) కాంతి అవుతుంది. అంతేకాక ఫోటాన్లన్నీ ఒకే దిశలో ప్రయాణించటం వల్ల ఆ కాంతి విస్తరించదు. అలాంటి కాంతి సంసక్తంగా ఉంటుంది.

ఐన్‌స్టయిన్ ఒక సైద్ధాంతిక భౌతిక శాస్త్రవేత్త. ప్లాంక్ ప్రతిపాదించిన క్వాంటం సిద్ధాంతం నిజమే అయితే దాని పర్యవసానాలు ఏమై ఉంటాయి అన్న విషయం మీద అతడు కలం కాగితం తీసుకుని ఎన్నో అంచనాలు వేశాడు. పోనీ ప్లాంక్ సిద్ధాంతం పూర్తిగా నిజం కాదని అనుకుందాం. ప్రయోగం చేసి ఉత్తేజిత కిరణ ఉద్గారం నిజంగా జరుగుతుందో లేదో చూడవచ్చు. సిద్ధాంతంతో యదార్థం ఏకీభవిస్తుందో లేదో చూడవచ్చు.



సంసక్త, అసంసక్త కాంతుల పోలిక

1924లో జరిగిన ప్రయోగాలలో ఉత్తేజిత కిరణ ఉద్గారం నిజంగానే జరుగుతుందని తేలింది. అలాంటి స్థితిలో ఉత్పన్నమైన కాంతి నిజంగానే సంసక్తంగా, ఏకవర్ణంగా ఉంది. కాని సంసక్త కిరణ రాశిని పెద్ద మొత్తంలో ఉత్పన్నం చెయ్యటం ఎలా? అదంతా తేలికైన వ్యవహారంలా కనిపించటం

లేదు. మన చుట్టూ ఉన్న విశ్వంలో ఎంతో కాంతి ఉంది గాని అదంతా అసంసక్తంగానే ఉంది. అంటే సామాన్య ఉద్గారాన్ని సాధించటం తేలికే కాని ఉత్తేజిత ఉద్గారాన్ని సాధించటం కష్టమని తెలుస్తోంది.

ఉత్తేజిత ఉద్గారాన్ని సాధించటం కష్టం కావటానికి ఒక కారణం ఉంది. ఉత్తేజితమైన పరమాణువుల నుండి వెలువడే ఫోటాన్లు అక్కడే ఉండిపోవు. ఉత్తేజితమైన పరమాణువులు మళ్ళీ తక్కువ శక్తి స్థితికి దిగి వచ్చాక వాటిని పదే పదే ఉత్తేజితం చేస్తూ ఉండాలి.

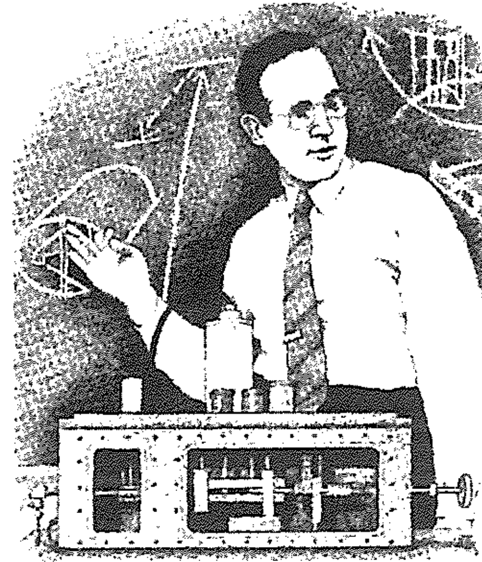
ఉత్తేజిత కిరణ ఉద్గారం సాధ్యమని తెలిసినా చాలా కాలం వరకు కూడా దాన్ని పెద్ద ఎత్తులో చేసే ప్రయత్నాలు ఏవీ పెద్దగా జరగలేదనే చెప్పాలి.

1951లో చార్లెస్ హార్డ్ టౌన్స్ (1915- ) అనే అమెరికన్ శాస్త్రవేత్త ఒక శక్తివంతమైన మైక్రో తరంగ పుంజాన్ని తయారు చేసే విధానం కోసం అన్వేషిస్తున్నాడు. అమ్మోనియా వాయువులోని అణువులు తనకి కావలసిన మైక్రోతరంగాలలోని ఫోటాన్లని సరిగ్గా గ్రహిస్తాయని తెలుసుకున్నాడు. తగినన్ని అమ్మోనియా అణువులని ఉత్తేజితం చెయ్యగలిగితే తనకి కావలసిన శక్తివంతమైన మైక్రోతరంగాల పుంజాన్ని తయారుచెయ్యవచ్చు.

1953 డిసెంబరు నెలలో టౌన్స్, అతడి శిష్య బృందం కలిసి మైక్రోతరంగాలని వెలువరించే పరికరం నిర్మాణం పూర్తిచేశారు. ఆ పరికరంలో ఉత్తేజితమైన అమ్మోనియా అణువులు తగిన శక్తిగల ఫోటాన్లు ఢీకొనగానే అప్పటివరకు పట్టుకుని ఉన్న అదనపు ఫోటాన్లని ఒక్కసారిగా వెలువరిస్తాయి. ఇది ఉత్తేజిత కిరణ ఉద్గారం చేత సంవర్ధనం, ఇక్కడ వెలువడేది మైక్రోతరంగాలు కాబట్టి ఇది ఉత్తేజిత కిరణ ఉద్గారం చేత మైక్రోతరంగ సంవర్ధనం (microwave amplification by stimulated emission of radiation).

ఈ పరికరం ప్రస్తావన వచ్చినప్పుడల్లా చాంతాడంత ఆ పేరుని తలచు





అమోనియా మేసర్‌ని వివరిస్తున్న చార్లెస్ హెచ్ టౌన్స్

కోవటం శాస్త్రవేత్తలకి కూడా ఇష్టం ఉండదు. అందుకే టౌన్స్ ఆ పేరులోని మొదటి అక్షరాలని మాత్రం కుదించి క్లుప్తంగా MASER (మేసర్) అని పేరు పెట్టాడు.

అదే సమయంలో సోవియట్ యూనియన్‌లో కూడా ఇలాంటి పరికరం నిర్మాణానికి పథకాలు వేస్తున్నారు. వాళ్ళలో ఒకరు అలెగ్జాండర్ ఎం. ఫోఖోరోవ్ (1916-2002). రెండవ వ్యక్తి పేరు నికొలాయ్ జి. బాసోవ్ (1922-2001). 1964లో ఈ ముగ్గురూ మేసర్ గురించి తమ కృషికి గుర్తింపుగా నోబెల్ బహుమానాన్ని పంచుకున్నారు.

మొట్టమొదటి మేసర్లు మాత్రం క్లుప్తమైన మైక్రోతరంగ స్ఫోటాలని మాత్రమే వెలువరించేవి. ఒకసారి అందులోని అణువులు గాని, పరమాణువులు గాని ఉత్తేజితమై, వాటిలో ఉన్న అదనపు ఫోటాన్లని లిప్తలో వెలువరించాక, ఇక వెలువరించటానికి ఫోటాన్లు ఉండవు. మళ్ళీ కిరణాలని సృష్టించాలంటే పదార్థాన్ని మళ్ళీ ఉత్తేజితం చెయ్యాలి.

ఇదిలా ఉండగా 1956లో నికొలాస్ బ్లూమ్‌బెర్గెన్ (1920- ) అనే డచ్-అమెరికన్ శాస్త్రవేత్తకి మూడు శక్తి స్థాయిలు ఉన్న అణువును వాడాలన్న ఆలోచన వచ్చింది. అన్నిటికన్నా కింది స్థితి సామాన్య స్థితి, దాని మీద ఒక ఉత్తేజిత స్థితి, ఇంకా దాని మీద మరో ఉత్తేజిత స్థితి ఉన్నాయన్నమాట.

ఇలా మూడు శక్తి స్థాయిలు ఉన్న మేసర్‌లో అట్టడుగు స్థితిలో ఉన్న అణువులని మూడవ స్థితికి చేరేలా పంపు చెయ్యవచ్చు. తగు పరిమాణం ఉన్న ఫోటాన్ ఆ అణువుని ఢీకొన్నప్పుడు, ఆ అణువు మూడవ స్థితినుండి రెండవ స్థితికి పడుతూ ఒక మైక్రోతరంగ ఫోటాన్‌ని వెలువరిస్తుంది. అప్పుడా అణువులు రెండవ స్థాయి నుండి అట్టడుగున ఉన్న మొదటి స్థాయికి పడతాయి. వెంటనే వాటిని మళ్ళీ మూడవ స్థాయికి పంపు చేయవచ్చు.

ఒక రకమైన ఫోటాన్ వల్ల అణువు పంప్ చెయ్యబడుతుంటే, మరో రకమైన ఫోటాన్ వల్ల ఉత్తేజితం అవుతుంటుంది. ఈ రెండు ప్రక్రియలు ఒకదానితో ఒకటి సంబంధం లేకుండా, సామరస్యంగా పనిచేస్తుంటాయి. కాబట్టి ఈ మేసర్ ఉత్తేజిత స్థితిలోనే ఉంటూ నిరాఘాటంగా మైక్రోతరంగ కిరణాలని వెలువరిస్తూ ఉంటుంది.

ఆ విధంగా "నిరంతరాయ మేసర్" (continuous maser)ని నిర్మించిన ఘనత, తదనంతరం 1981లో నోబెల్ బహుమానంలో వంతు, బ్లూమ్‌బెర్గ్‌కి దక్కింది.

ఫోటాన్లని మేసర్లు సంవర్ధనం చేస్తాయని మరచిపోకూడదు. తగిన శక్తి గల ఫోటాన్లు మేసర్ మీద ప్రసరించినప్పుడు, ఆ మేసర్ నుండి మైక్రోతరంగ పుంజం వెలువడుతుంది. కాబట్టి మొదట్లో ఉన్న ఫోటాన్ కన్నా చివర్లో వచ్చిన మైక్రోతరంగ పుంజాన్ని కనుక్కోవటం శాస్త్రవేత్తలకి తేలిక. ఆ విధంగా ఈ మేసర్ ఒక సునిశితమైన డిటెక్టర్‌గా పనిచేస్తుంది. దీని సహాయంతో అంతరిక్షంలో జరిగే వ్యవహారాలని గమనించడానికి శాస్త్రవేత్తలకి వీలవుతుంది.

అయితే ఒక ప్రత్యేక మేసర్ ఒక ప్రత్యేక శక్తి గల ఫోటాన్లనే గుర్తుపట్టగలదు. అయితే రకరకాల మేసర్లని త్వరలోనే నిర్మాణం చేశారు. కొన్నిట్లో వాయువులు వాడారు. మరి కొన్నిట్లో ఘనపదార్థాలని వాడారు. ఆ విధంగా వివిధ మేసర్లని ఉపయోగించి రకరకాల తరంగదైర్ఘ్యాలు గల



మైక్రోతరంగాలని గుర్తించటానికి వీలయ్యింది.

మరో విషయం ఏమిటంటే మేసర్ నుండి వెలువడే మైక్రోతరంగ పుంజాలు సంఘటితంగా ఉంటాయి. ఎంతో దూరాలు ప్రయాణించినా వ్యాపించవు. అలాంటి మైక్రోతరంగ పుంజాన్ని సరైన దిశలో సారిస్తే శుక్ర గ్రహం వరకు కూడా పెద్దగా వ్యాపించకుండా ప్రయాణించగలదు. శుక్రగ్రహం నుండి పరావర్తనం చెంది భూమికి తిరిగి వచ్చిన ఆ మైక్రోతరంగ ప్రతిధ్వనిని తేలికగా గుర్తించవచ్చు.

మైక్రోతరంగాలు కాంతివేగంతో ప్రయాణిస్తాయి. మనకి కాంతి వేగం ఎంతో కచ్చితంగా తెలుసు. పుంజం వెలువడ్డ తరుణం నుంచి, ప్రతిధ్వని భూమిని చేరిన తరుణానికి మధ్య శుక్రగ్రహాన్ని చేరి తిరిగొచ్చిన కాలం అన్నమాట (నిముషాలలో తిరిగొస్తుంది). ఆ కాలవ్యవధిని బట్టి మైక్రోతరంగాలు శుక్రగ్రహాన్ని ఢీకొన్న తరుణంలో భూమి నుండి శుక్రగ్రహం ఎంత దూరంలో ఉందో చెప్పవచ్చు.

నిజానికి అంతరిక్షంలో దూరాలని అంచనా వెయ్యటానికి ఈ మైక్రోతరంగ పుంజాలు శ్రేష్ఠమైన సాధనాలు. వీటి సహాయంతో శాస్త్రవేత్తలు గ్రహకక్ష్యల గురించి చాలా కచ్చితమైన సమాచారాన్ని పొందారు.

శుక్రగ్రహం మీద దట్టమైన మేఘపు పొర గ్రహపు ఉపరితలాన్ని ఎల్లవేళల కప్పి ఉంచుతుంది. ఎంత శ్రేష్ఠమైన దూరదర్శినులని వాడినా ఆ మేఘపు పొరని చొచ్చుకొని అవతల ఏముందో చూడటానికి సాధ్యం కాదు. అందువల్ల ఆ మబ్బుల మాటున శుక్రగ్రహ ఘన ఉపరితలం ఎలా ఉంటుందో ఇటీవల కాలం వరకు మనకి తెలియదు. అసలు శుక్రగ్రహం ఏ దిశలో ఎంత వేగంతో పరిభ్రమిస్తోందో కూడా చెప్పలేకపోయేవాళ్ళం.

శుక్రగ్రహం మబ్బు తెరని ఛేదించుకుని మైక్రోతరంగాలు రాతి నేలను చేరతాయి. అక్కడి నుండి పరావర్తనం చెంది తిరిగి మబ్బు తెరని దాటి భూమిని చేరతాయి.

మేసర్ నుండి వెలువడ్డ పుంజం ఏకవర్ణకం, అంటే అందులో ఫోటాన్లన్నీ ఒకే తరంగ దైర్ఘ్యం గలవన్నమాట. శుక్రగ్రహ ఉపరితలం నునుపుగా, నిశ్చలంగా ఉంటే పరావర్తనం చెంది తిరిగొచ్చిన ప్రతిధ్వనిలో తరంగ దైర్ఘ్యంలో ఏ మార్పు ఉండదు. అలా కాకుండా, గ్రహం పరిభ్రమిస్తున్నా, ఉపరితలం కదులుతున్నా, తిరిగొచ్చిన పుంజం తరంగ దైర్ఘ్యంలో మార్పు ఉంటుంది. వేగం ఎంత ఎక్కువగా ఉంటే మార్పు అంత ఎక్కువగా ఉంటుంది.

1962లో మైక్రోతరంగ ప్రతిధ్వనులని పరిశీలించి, శుక్రగ్రహ పరిభ్రమణం తీరు గురించి, వేగం గురించి శాస్త్రవేత్తలు కచ్చితమైన సమాచారాన్ని పొందగలిగారు. అలాంటి సమాచారం అంతవరకు ఎవరికీ తెలియదు.

అలాగే శుక్రగ్రహ ఉపరితలం అంతా మిట్టపల్లాలుగా కొండలతో, అగాధాలతో నిండి ఉంటే మైక్రోతరంగ ప్రతిధ్వనిలో ఆ మార్పులు వ్యక్తం అవుతాయి. అలాంటి మైక్రోతరంగ ప్రతిధ్వనులతో శుక్రగ్రహం ఉపరితల రూపురేఖల గురించి ఎంతో సమాచారాన్ని శాస్త్రవేత్తలు తెలుసుకోగలిగారు.

1978లో ఒక ప్రోబ్‌ని శుక్రగ్రహం కక్ష్యలోకి పంపించారు. ఆ ప్రోబ్ మైక్రోతరంగ ప్రతిధ్వనుల సహాయంతో శుక్రగ్రహ ఉపరితలాన్ని క్షుణ్ణంగా మ్యాప్ చేసింది. మైక్రోతరంగాలని శుక్రగ్రహం కన్నా దూరాలకి పంపిన సందర్భాలు ఉన్నాయి. బుధుడు, అంగారకుడు, సూర్యుడు, బృహస్పతి – ఇలా ఎన్నో లక్ష్యాల వద్దకి మైక్రోతరంగాలని పంపించారు. 1989లో టైటన్ ఉపగ్రహం నుండి పరావర్తనం చెంది తిరిగొచ్చిన మైక్రోతరంగ ప్రతిధ్వనులని కనుక్కోగలిగారు. ఈ టైటన్ శనిగ్రహానికి చెందిన ఒక పెద్ద ఉపగ్రహం. భూమి నుండి శుక్రగ్రహం (అతి దగ్గరగా ఉన్న దశలో) దూరం కన్నా, భూమి నుండి టైటన్ దూరం ముప్పై ఐదు రెట్లు ఎక్కువ.

వాతావరణం ఉన్న ఏకైక ఉపగ్రహం టైటన్. దాని వాతావరణం



దట్టంగా, అగమ్యగోచరంగా ఉండి ప్రోబ్ కూడా పెద్దగా సమాచారాన్ని పొందలేకపోయింది.

టైటన్‌ని చేరి తిరిగి రావటానికి రమారమి 2 గంటలు తీసుకున్న మైక్రోతరంగ పుంజం, మబ్బుతెరని ఛేదించుకుని ఉపరితలం గురించి విలువైన సమాచారాన్ని అందించగలిగింది. మూడు వేరు వేరు రోజులలో ఆ పుంజాలని ప్రసారం చేశారు. ఉపగ్రహం పరిభ్రమిస్తూ ఉంటుంది కాబట్టి, ఒక్కొక్క రోజు శుక్రగ్రహ ఉపరితలం మీద వేరు వేరు ప్రాంతాలని ఆ పుంజాలు తాకాయి. మొదటి రోజు, మూడో రోజుల్లో వచ్చిన ప్రతిధ్వని ద్రవ మాధ్యమం నుండి వచ్చిన ప్రతిధ్వనిలా బలహీనంగా ఉంది. రెండవ రోజు ప్రతిధ్వని మాత్రం బలంగా ఉంది. పుంజం ఘనపదార్థాలని ఢీకొని ఉంటుంది.

బహుశ భూమి మీద ఉన్నట్లే టైటన్ మీద కూడా సముద్రాలు, ఖండాలు ఉండవచ్చు. అయితే ఆ సముద్రాలలో, ఖండాలలో ఉండే పదార్థానికి, భూమి మీద ఉండే పదార్థాలకి మధ్య చాలా తేడా ఉంది. అది వేరే విషయం.

# 4. లేజర్లు

రకరకాల తరంగదైర్ఘ్యాల వద్ద మైక్రోతరంగాలని సృష్టించగలిగినప్పుడు, రకరకాల తరంగదైర్ఘ్యాల వద్ద ఇతర విద్యుదయస్కాంత కిరణాలని కూడా ఎందుకు సృష్టించకూడదు? మనం వాడే పదార్థాలని జాగ్రత్తగా ఎంచుకుంటే, శక్తి స్థాయిల మధ్య బాగా ఎడం ఉండేట్లుగా ఎంచుకుంటే, శక్తివంతమైన కిరణాలు వెలువడతాయి. అలాంటి కిరణాల తరంగ దైర్ఘ్యం తక్కువగా ఉంటుంది. ఆ విధంగా శక్తివంతమైన పరారుణ కిరణ పుంజాన్నో, ఇంకా మాట్లాడితే కనపడే కాంతి పుంజాన్నో కూడా సృష్టించవచ్చునేమో!

1958 నాటికే ఈ విషయం మీదకి టౌన్స్ తన ధ్యాస మళ్ళించాడు. మైక్రోతరంగాలు బదులుగా కనపడే కాంతిని సృష్టించాలంటే మేసర్‌లో ఎలాంటి పదార్థాన్ని వాడాలో ఆలోచించసాగాడు. ఆ విధంగా కనపడేకాంతిని వెలువరించే మేసర్‌ని కనపడే మేసర్ అంటారు.

కాని శాస్త్రవేత్తలు దాన్ని ఆ పేరు పెట్టి పిలవదలచుకోలేదు. కాంతి పుంజం వెలువడినప్పుడే అది ఉత్తేజిత కిరణ ఉద్గారం వల్ల కాంతి సంవర్ధనం (light amplification by stimulated emission of radiation (LASER)) అవుతుంది. కాబట్టి దాన్ని లేసర్ అనాల్సి ఉంటుంది.

మొదటి అక్షరాన్ని బట్టి మేసర్‌కి, లేజర్‌కి తేడా ఏమిటో చెప్పవచ్చు. సంసక్త, ఏకవర్ణ మైక్రోతరంగ పుంజాన్ని మేసర్ ఉత్పన్నం చేస్తుంది. లేజర్ నుండి సంసక్త, ఏకవర్ణ కాంతి పుంజం పుడుతుంది.

మొట్టమొదటి లేజర్ నిర్మాణం 1960లో జరిగింది. దాన్ని నిర్మించినవాడు అమెరికన్ శాస్త్రవేత్త థియొడోర్ హెరోల్డ్ మేమాన్ (1927-2007). అతడు కృత్రిమంగా తయారుచేసిన రూబీ కడ్డీని తీసుకున్నాడు. అందులో కాస్త క్రోమియం ఆక్సైడ్ కలిపిన అమ్మోనియం ఆక్సైడ్ ఉంటుంది. ఈ క్రోమియం పరమాణువులే పదార్థానికి ఎర్రని రంగుని



ఆపాదిస్తాయి. అందుకే అది రూబీలా ఎర్రగా ధగధగలాడుతుంది.

క్రోమియం పరమాణువులని ఉత్తేజిత స్థితికి పంప్ చెయ్యవచ్చు. అవి ఆ స్థితి నుండి కిందికి పడుతున్న ఫోటాన్లు తగినంత శక్తివంతం కావటంతో ఆ కాంతి ఎర్రగా ఉంటుంది. ఉత్తేజితమైన రూబీ కడ్డీలోకి సరైన తరంగ దైర్ఘ్యం వద్ద ఒక ఫోటాన్‌ని పంపిస్తారు. ఈ ఫోటాన్ వల్ల మరిన్ని ఫోటాన్లు అదే తరంగ దైర్ఘ్యం వద్ద వెలువడతాయి. ఈ ఫోటాన్లన్నీ కలిసి రూబీ కడ్డీలో నుంచి సన్నని సంసక్త, ఏకవర్ణ అరుణారుణ కాంతి ధారగా వెలువడుతుంది.



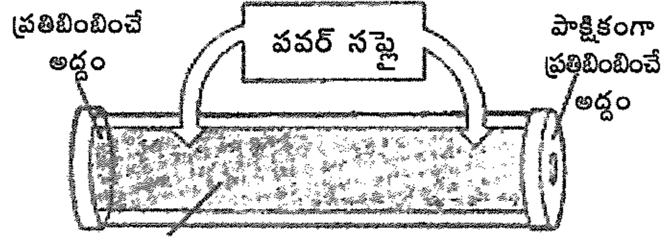
మొదటి ర్యూబి లేజర్‌ని చూస్తున్న థియొడోర్ మేమాన్

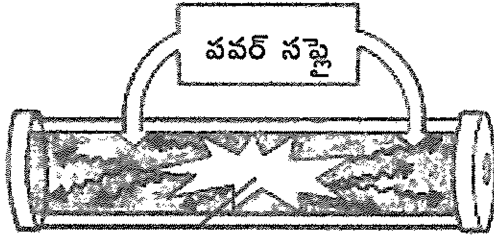
మొట్టమొదటి లేజర్ నుండి కాంతి ఆగాగి వచ్చేది. ఒకసారి అందులో నుంచి కాంతి తళుక్కుమన్నాక మళ్ళీ కాంతిని పుట్టించటానికి లేజర్ పదార్థాన్ని ఉత్తేజితం చెయ్యాలి. కాని 1960 తిరిగేలోగా ఆలీ జవాన్ (1926-) అనే శాస్త్రవేత్త నియాన్, హీలియంల వాయు మిశ్రమాన్ని వాడి నిరంతరాయ లేజర్‌ని తయారుచేశాడు.

1960 ముందరి వరకు శాస్త్రవేత్తలు ఎప్పుడూ సంసక్త, ఏకవర్ణ కాంతిని చూడలేదు. సామాన్య సహజ మూలాల నుండి కాంతి ఎప్పుడూ

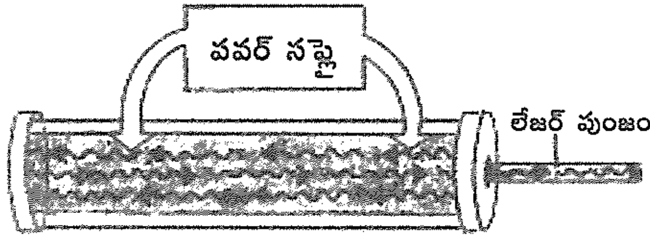
అనేక వర్ణాలు కలిగి, అసంసక్తంగా ఉంటుంది.

1960కి తరువాత మాత్రం కొన్ని అంతరిక్ష వస్తువుల నుండి కూడా సంసక్త కాంతి వెలువడుతోందని తెలిసింది. ఇవి తారల మధ్య ఉండే శూన్య ప్రదేశంలో వ్యాపించి ఉండే తారాంతర మేఘాలు (IN-ter-STEL-er). ఈ



మొట్టమొదటి కాంతి స్ఫోటం నాళంలోని పరమాణువులని ఉత్తేజితం చేస్తుంది. ఫోటాన్లు నలుదిశలా ఎగిరి వెళ్తాయి.

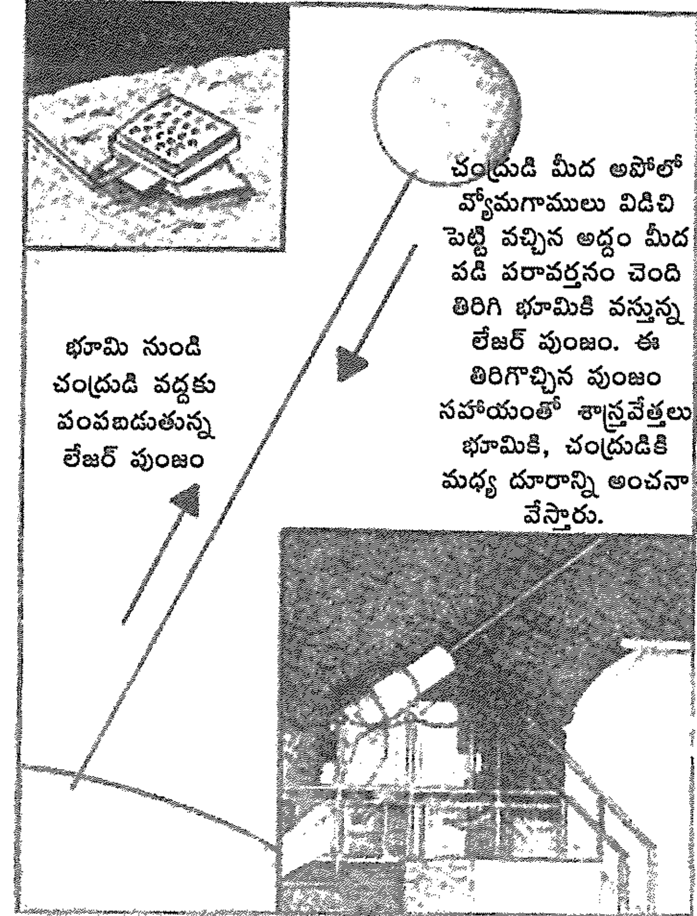


ఉత్తేజిత ఫోటాన్లు రెండు అద్దాల నుండి పదే పదే పరావర్తనం చెందుతూ తగినంత శక్తిని పుంజుకున్నాక పాక్షిక అద్దం ద్వారా బయటికి వచ్చి కాంతి పుంజంగా మారతాయి.



మేఘాలలో ఉండే పరమాణువులు చుట్టుపక్కల ఉండే తారల నుండి వచ్చే కాంతి వల్ల ఉత్తేజితమై, అప్పుడప్పుడు సంసక్త మైక్రోతరంగాలని వెలువరిస్తాయి. అలాంటి మేఘాలని విశ్వ మేసర్లు అంటారు.

అంగారక, శుక్ర గ్రహాల వాతావరణాలలో కూడా ఇలాంటిదే ఏదో జరుగుతుంది. ఈ గ్రహాల వాతావరణంలో ఎక్కువగా కార్బన్ డై ఆక్సైడే ఉంటుంది. వాతావరణం పైపొరలలో ఉండే కార్బడైఆక్సైడ్‌పై సూర్యకాంతి



ఖగోళశాస్త్రంలో లేజర్ల వినియోగం

పడి ఉత్తేజితమై పరారుణ కిరణాల సంసక్త పుంజాలని వెలువరిస్తుంది. నిజానికి అంగారక, శుక్ర గ్రహాల వాతావరణాల పై తలాలలో సహజంగా పుట్టే కిరణాలలాంటవాటినే ఇక్కడ భూమి మీద కృత్రిమంగా నిర్మించిన కార్బన్‌డైఆక్సైడ్ లేజర్లు వెలువరిస్తాయి.

విశ్వ మేసర్లు గాని, లేజర్లు గాని భూమి మీద మనం నిర్మించే లేజర్ల అంత సమర్థవంతంగా పనిచెయ్యవు. అంతరిక్ష వస్తువుల నుండి వెలువడ్డ లేజర్ పుంజాలు అనేక దిశలలో ప్రయాణిస్తాయి. అందుకే వాటిని పట్టుకోవటం శాస్త్రవేత్తలకి కష్టం అయ్యింది. వాటి లక్షణం గురించి తెలిశాకనే వాటిని గుర్తించటానికి వీలయ్యింది.

భూమి మీద రూపొందించిన కృత్రిమ లేజర్లలో ఒకే దిశలో ప్రయాణించే సంసక్త పుంజాల తత్వాన్ని బలపరుస్తూ అద్దాలని వాడతారు. అలాంటి అద్దాలు అంతరిక్షంలో ఉండే అవకాశం లేదు కదా! లేజర్ ఉత్పన్నం అయ్యే నాళానికి రెండు కొసలలోని ఉపరితలాలని బాగా రుద్ది అద్దంలా తీర్చిదిద్దుతారు. లేజర్ పుంజంలోని ఫోటాన్లు ఈ రెండు అద్దాల మధ్య కొట్టుమిట్టాడుతుంటాయి. సరళరేఖలో కదులుతూ రెండు అద్దాల మధ్య ప్రయాణించిన ప్రతిసారి అదనపు శక్తిని పుంజుకుంటాయి.

తక్కిన ఫోటాన్ల కన్నా కాస్త భిన్న దిశలో కదిలే ఏ ఫోటానయినా దారి తప్పి నాళం పక్కగోడలలో నుంచి బయటికిపోయి నష్టం అయిపోతుంది.

బయటి నుండి వచ్చి తప్పుడు దిశలో ప్రయాణించే ఏ ఫోటానయినా మరో పక్క నుండి బయటికి పోతుంది.

ఆ విధంగా లేజర్ ఏకదిశలో ప్రయాణించే ఫోటాన్ల కేంద్రీకృత పుంజంగా రూపొందుతుంది. అద్దాలలో ఒకటి పాక్షికంగా పారదర్శకంగా ఉంటుంది కాబట్టి శక్తిని పుంజుకున్న లేజర్ పుంజం (ఇది లిప్తలో జరిగిపోతుంది) జివ్వున ఆ పక్క నుండి బయటికి పోతుంది.

ఈ లేజర్ పుంజం ఎంత కేంద్రీకృతంగా ఉంటుందంటే అది కోట్ల



మీటర్ల దూరంలో ఉన్న కాఫీ గిన్నెమీద పడి అందులోని కాఫీని వేడెక్కించగలదు! 1962లో ఒక లేజర్ పుంజాన్ని చంద్రుడి మీదకి గురిపెట్టారు. చంద్రుడు మనకి 38.3 కోట్ల మీటర్ల దూరంలో ఉన్నాడు. అంత దూరం ప్రయాణించినా పుంజం కేవలం కొన్ని మైళ్ళు మాత్రమే వ్యాపించింది. ప్రస్తుతం మనం ఇంకా మంచి ఫలితాలు సాధించే స్థితిలో ఉన్నాం. 1969లో కొందరు వ్యోమగాములు చంద్రుడి మీద ఒక అద్దాన్ని విడిచిపెట్టి వచ్చారు. దాని మీదకి గురిపెట్టిన లేజర్ పుంజాలు చెక్కుచెదరకుండా భూమికి తిరిగొచ్చాయి. వాటి సహాయంతో శాస్త్రవేత్తలు చంద్రుడికి, భూమికి మధ్య దూరాన్ని కచ్చితంగా అంచనా వెయ్యగలిగారు.

# 5. లేజర్ల ప్రయోజనాలు

లేజర్లు, మేసర్లను మొట్టమొదట రూపొందించినప్పుడు అవి శాస్త్రవేత్తలకి పరిశోధనలలో పనికొస్తాయేమోగాని, సామాన్య దైనిక జీవనంలో వీటికి ఏం ప్రయోజనం ఉంటుందిలే అని చాలా మంది అనుకున్నారు. కాని లేజర్లకి దైనిక జీవనంలో ఎన్నో ప్రయోజనాలు ఉన్నాయని తరవాత తెలిసింది.

మొదటి విషయం ఏమిటంటే లేజర్ల నుండి సంసక్త కాంతిని రకరకాల మోతాదుల్లో ఉత్పన్నం చెయ్యవచ్చు. వాటన్నిటికీ ప్రత్యేక ప్రయోజనాలు ఉన్నాయి.

సెమీకండక్టర్ చిప్స్ నుండి వెలువడే అల్ప శక్తి గల లేజర్లని సూపర్ మార్కెట్‌లో కొనుక్కునే వస్తువుల మీది బార్ కోడ్‌ని చదవటానికి వాడవచ్చు. కాని అందులో వాడే కాంతి పుంజం ఎంత బలహీనంగా ఉంటుందంటే దాన్ని గుర్తించటం కూడా కష్టమే. ఒక వాట్‌లో వెయ్యోవంతు పవర్‌ని ఈ లేజర్ వినియోగిస్తుంది. మనం రాత్రిపూట వాడే జీరో వాట్ బల్బు శక్తి కన్నా దీని శక్తి వేల రెట్లు చిన్నది.

ఒక పెద్ద లేజర్‌ని తయారుచేసి అందులో ఎంతో శక్తి పోగయ్యేలా తయారుచెయ్యవచ్చు. ఇలాంటి సందర్భాలలో అత్యధిక శక్తిని పుట్టించవచ్చు. కాని ఆ శక్తంతా అతి తక్కువ కాలంలో లేజర్ రూపంలో వెలువడుతుంది. ఆ విధంగా 20 కోట్ల వాట్ల బలాన్ని పోగుచేసి ఒక్కసారిగా ప్రచండ శక్తి గల సంసక్త కాంతి స్ఫోటాన్ని వెలువరించగల లేజర్లు కూడా ఉన్నాయి. అంతేకాదు. లక్ష కోట్ల వాట్ల బలాన్ని పోగుచెయ్యగల లేజర్లు కూడా ఉన్నాయి. అంటే అతి పెద్ద న్యూక్లియర్ రియాక్టర్ ఉత్పన్నం చెయ్యగల శక్తి కన్నా లక్ష రెట్లు ఎక్కువ. అయితే అలా పుట్టిన కాంతి స్ఫోటం సెకనులో వంద కోట్ల వంతు మాత్రమే ఉంటుంది. ఈ బృహత్ లేజర్లని శాస్త్రీయ పరిశోధనలలో



గాని, ఆయుధాల నిర్మాణంలో గాని వాడుతున్నారు. ఇవి మనకి సూపర్ మార్కెట్లలో కనిపించవు.

లేజర్లు ఉత్పన్నం చేసే (కాంతి) శక్తి కన్నా, వాడే శక్తి చాలా ఎక్కువ. అణువులని ఉత్తేజితం చెయ్యటానికి వాడిన శక్తిలో ఒక చిన్న భాగం (మహా అయితే ఇరవై శాతం ఉంటుందేమో) మాత్రమే కాంతి శక్తిగా వెలువడుతుంది. తక్కినదంతా ఉష్ణంగా మారి వృథాగా పోతుంది.

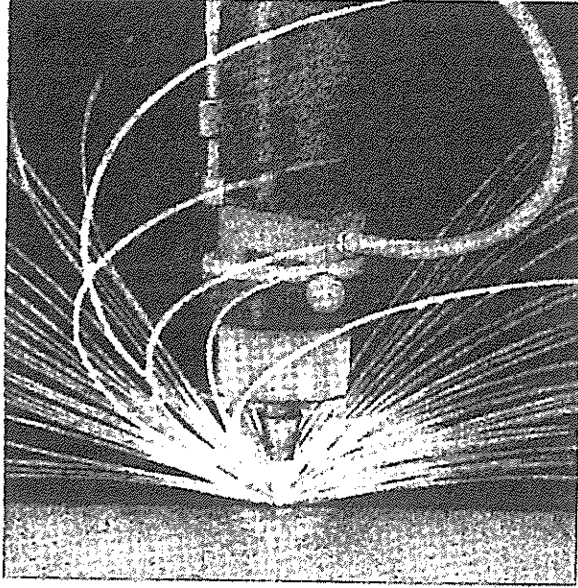
ఎనభై శాతం శక్తి వృథా అయ్యేట్లయితే ఇక అంత కష్టపడి లేజర్లని తయారుచేసి ఏం ప్రయోజనం అంటారేమో! దానికో కారణం ఉంది. ఇతర శక్తి రూపాల వల్ల సాధ్యం కాని ఎన్నో విషయాలు లేజర్ శక్తి వల్లనే సాధ్యం అవుతాయి. ఆ సత్ప్రయోజనాల దృష్ట్యా కాస్తంత శక్తి వృథాగా పోయినా ఫరవాలేదు అనిపిస్తుంది.

ఉదాహరణకి లేజర్ పుంజం సంసక్తంగా ఉంటుంది కాబట్టి దాన్ని ఒక సన్నని బిందువుగా కేంద్రీకరించవచ్చు. సామాన్య కాంతితో ఇది సాధ్యం కాదు. ఎందుకంటే అందులోని కిరణాలు నానా దిశలలో చెల్లాచెదురుగా ప్రయాణిస్తుంటాయి. కేవలం వెయ్యి నానోమీటర్ల పరిమాణం ఉన్న బిందువు మీదకి ఒక లేజర్‌ని కేంద్రీకరించవచ్చు. అంత లేజర్ శక్తిని ఒక బిందువు మీద కేంద్రీకరిస్తే ఆ బిందువు వద్ద ఉష్ణోగ్రత తారస్థాయిని చేరుతుంది.

బలహీనమైన లేజర్లని పేపరు, రబ్బరు మొదలైన మెత్తని పదార్థాలని కోయటానికి వాడవచ్చు. మరి కాస్త శక్తివంతమైన లేజర్‌తో ప్లాస్టిక్, కలప మొదలైన పదార్థాలని కోయటానికి గాని, అందులో రంధ్రాలు చెయ్యటానికి గాని వినియోగించవచ్చు. లేజర్ పుంజాన్ని బాగా సన్నగా కేంద్రీకరించగలిగితే దాంతో లోహాన్ని కరిగించి రంధ్రం చేసుకుంటూ లోహంలోకి చొచ్చుకుపోవచ్చు.

సన్నని లేజర్ పుంజంతో లోహాన్ని వెల్డింగ్ టార్చితో కన్నా, రంపంతో కన్నా కచ్చితంగా, వేగంగా కోయవచ్చు. ఎనభై శాతం శక్తి వృథా అవుతున్నా

కూడా, లేజర్‌తో మరింత తక్కువ శక్తిని ఉపయోగించి ఈ పనులన్నీ చేయవచ్చు.



లోహ తునకలు రవ్వలుగా వెలువడు తున్నాయి

లోహాన్ని కోస్తున్న కార్బన్ డయాక్సైడ్ లేజర్

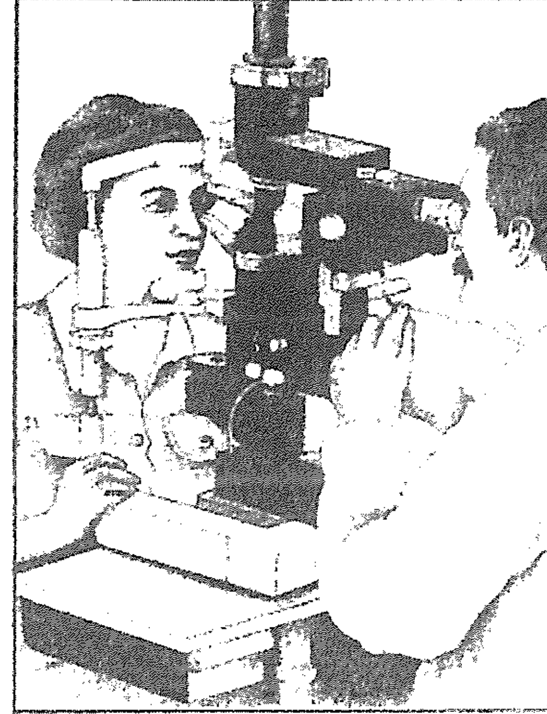
లేజర్ కాంతి లిప్తలో వచ్చిపోయేలా చేసినప్పుడు, లేజర్‌ని చాలా సున్నితమైన ప్రయోజనాల కోసం కూడా వాడవచ్చు. లేజర్ పడుతున్నంతసేపు, పడిన బిందువు వద్ద ఉష్ణోగ్రత చాలా ఎక్కువగా ఉంటుంది. కాని ఆ వేడి చుట్టుపక్కల ప్రాంతాలకి వ్యాపించే లోపలే లేజర్ ప్రసారం నిలిపేయబడుతుంది.

లేజర్‌తో ఇంకుని తుడిచే పరికరం ఒకదాన్ని తయారుచేశారు. దాని పేరు లేజర్ ఎరేజర్. దీన్ని కాగితం మీద ముద్రించిన అక్షరాల మీద ప్రసరించినప్పుడు ఇంకు ముందు ఆవిరై పోతుంది. కాని కాగితం కాలే లోపలే లేజర్ పుంజం ఆ చోటి నుండి పక్కకి జరిగిపోతుంది. అంటే కాగితం కాలటానికి ఇక అవకాశం, వ్యవధి ఉండవన్నమాట. కేవలం ఒక



రబ్బరుతోనో, లేదా ఇంకుని తెల్లబరిచే ద్రవంతోనో సమస్య తేలిపోయేదానికి ఇంత జటిలమైన పద్ధతి ఎందుకు? అని మీరు అడగవచ్చు. లేజర్ వల్ల ఎలాంటి పనులు సాధ్యమో ఈ ఉదాహరణ వల్ల మనకి అర్థమవుతుంది.

ఈ విధంగా లేజర్లని మానవ శరీరం మీద కూడా ప్రయోగించవచ్చు. ఉదాహరణకి మన కంటిలో ఉండే రెటీనా ఊడిపోతే అంధత్వం వచ్చే ప్రమాదం ఉంది. అలాంటప్పుడు కంట్లో కాంతికి ప్రవేశాన్నిచ్చే ప్యూపిల్ అనే రంధ్రంలో నుంచి క్లుప్తంగా లేజర్‌ని ప్రసరిస్తారు. అది వెనుక ఉన్న రెటీనా మీద పడి ఊడ కుండా అతికిస్తుంది. లేజర్ పడిన బిందువు ఎంత సూక్ష్మంగా ఉంటుందంటే దాని వల్ల దృష్టికి భంగం వాటిల్లదు. ఈ వ్యవహారం అంతా ఎంత వేగంగా జరిగిపోతుందంటే లేజర్ పడ్డ బిందువు వద్ద తప్ప ఇక చుట్టుపక్కల ఏ ప్రభావమూ ఉండదు, ఏ హానీ కలగదు. కురుపులని, మొటిమలని, పచ్చబొట్లని మొదలైన వాటిని తొలగించటానికి లేజర్లని వాడతారు. చిన్న చిన్న శస్త్రచికిత్సలు కూడా లేజర్‌తో చేస్తున్నారు.



కంటి శస్త్రచికిత్సలో లేజర్ వినియోగం

లేజర్లని ముద్రణలో కూడా వాడవచ్చు. మొట్టమొదటి వర్డ్ ప్రాసెసర్లు పేపరు మీద ఉంచిన ఇంకు రిబ్బను మీద అచ్చు వేసేవి. దీని వల్ల ఎంతో రొద పుట్టేది. కాని లేజర్ ప్రింటర్లలో కాగితం మీద లేజర్ వేగంగా, నిశ్శబ్దంగా అక్షరాలని ముద్రిస్తుంది.

లేజర్ సర్వ సామాన్య ప్రయోజనాలలో ఒకటి ధ్వనిని పునరుత్పత్తి చెయ్యటం. ఇటీవల కాలం వరకు ధ్వనిని చదునైన ప్లాస్టిక్ పళ్ళేల మీద రికార్డు చేసేవారు.

కంపించే సూది వల్ల ఆ పళ్ళెం మీద గాడి పడుతుంది. సంక్లిష్టమైన సంగీతానికి, భాషకి సంబంధించిన ప్రకంపనలకి ఆ సూది కంపిస్తుంది. తరువాత అలా పడ్డ గాడి స్థిరపడిపోయేట్లు చేస్తారు. ఇప్పుడు మరో సూది అదే గాడి వెంట కదులుతూ కచ్చితంగా మొదటి సూది కంపించినట్లే కంపిస్తుంది. అంటే మొదట్లో ఉండే శబ్ద తరంగాలని మళ్ళీ సృష్టించవచ్చు అన్నమాట.

ఈ సున్నితమైన ప్రకంపనలని సంవర్ధనం చేస్తే మనకి స్పీకర్లలో చక్కని సంగీతం వినిపిస్తుంది.

ఈ పద్ధతి వల్ల సూది కాలక్రమేణా అరిగిపోతుంది. అరిగిపోయిన సూదిని మార్చాల్సి ఉంటుంది.

కాని ప్రస్తుతం మరో కొత్తరకమైన రికార్డులు వస్తున్నాయి. వీటిలో ఒక మెరిసే ఉపరితలం మీద శబ్దాలని అతిసూక్ష్మమైన నల్లని చుక్కల విన్యాసంగా అచ్చు వేస్తారు. ఈ చుక్కలు కంటికి కనిపించవు. ఒక చిన్న సెమీకండక్టర్ లేజర్ నుండి వెలువడే ఒక పరారుణ లేజర్ కిరణం ఆ ఉపరితలాన్ని శోధించి నల్ల చుక్కల విన్యాసాన్ని శబ్ద తరంగాలుగా మార్చుతుంది.

ఈ పద్ధతిలో ఎక్కడా పళ్ళాన్ని లోహం తాకదు. కాబట్టి ఎక్కడా బరబరా గీకుతున్న శబ్దం రాదు. అలా పుట్టే శబ్దం కూడా కాస్తంత కూడా



రొదలేకుండా, శుద్ధంగా ఉంటుంది. అంతేకాక శబ్దాన్ని మిట్టపల్లాల గాడి రూపంలో కాక, నల్లని చుక్కల విన్యాసాల రూపంలో రికార్డు చేస్తారు. ఇలాంటి పళ్ళాలనే కాంపాక్ట్ డిస్కులు (సిడిలు) అంటారు.

లేజర్‌లని సందేశాలు పంపటానికి కూడా వాడతారు. ఎన్నో ఏళ్ళుగా మనుషులు రేడియో తరంగాలని సమాచార ప్రసార మాధ్యమాలలో వినియోగిస్తూ వచ్చారు. వివిధ రేడియో కేంద్రాలు గాని, టీవీ కేంద్రాలు గాని ఒకే సమయంలో కార్యక్రమాలని ప్రసారం చెయ్యగలవు. ఎందుకంటే అవి వేరు వేరు పౌనఃపున్యాల (frequencies) వద్ద ప్రసారం చేస్తాయి. అప్పుడు మీ రేడియోలో గాని, టీవీలో గాని మీట తిప్పుతూ లోనికి గ్రహించే సందశాలకి చెందిన పౌనఃపున్యాన్ని సరిచేసుకోవచ్చు.

కాని రేడియో, టీవీ కేంద్రాలు వాళ్ళ పౌనఃపున్యాల మధ్య తగినంత ఎడం లేకపోతే రెండు కేంద్రాల కార్యక్రమాలు కలిసిపోయే ప్రమాదం ఉంది. ఆ కారణం వల్ల మనకి వచ్చే ఛానెళ్ళ సంఖ్య పరిమితంగానే ఉంటుంది.

తరంగ దైర్ఘ్యం తగ్గుతున్న కొద్దీ ఒకే విస్తృతిలో మరిన్ని సందేశాలని పంపించటానికి వీలవుతుంది. ఉదాహరణకి రేడియో తరంగాల కన్నా కాంతి తరంగాలు పొడవులో పదిలక్షవ వంతు చిన్నవి. అంటే ఒకే విస్తృతి గల తరంగ దైర్ఘ్యాలని తీసుకుంటే అందులో రేడియో తరంగాలతో కన్నా కాంతి తరంగాలతో అయితే పదిలక్షల రెట్లు ఎక్కువ ఛానెళ్ళు ప్రసారం చెయ్యవచ్చు.

కాని ఇక్కడో తిరకాసు ఉంది. రేడియో తరంగాలు వర్షం, మబ్బులు, చెట్లు, గోడలు వీటన్నిటిలో నుంచి ప్రసారం కాగలవు. కాంతికి అది సాధ్యం కాదు. రేడియో తరంగాలు వాతావరణంలో పై పొరల వద్ద పరావర్తనం చెంది భూమి వంపుని అనుసరిస్తూ ఎంతో దూరాలు ప్రయాణించగలవు. కాని కాంతి ఎప్పుడూ సరళరేఖలోనే ప్రసారమవుతూ భూమి వంపు నుండి దూరంగా తొలగిపోతుంది.

అయితే అంతరిక్షంలో తిరిగే కృత్రిమ ఉపగ్రహాలనే తీసుకుందాం.

అక్కడ వాతావరణం వల్ల సమస్యలు ఉండవు. కాంతి పథానికి అడ్డొచ్చే అవరోధాలేవీ ఉండవు. అనుసరించాల్సిన భూమి వంపు కూడా ఉండదు. అంతరిక్షంలో మనుషులు నివసించే రోజు వస్తుంది. అప్పుడు వాళ్ళు లక్షలాది పౌనఃపున్యాల వద్ద లేజర్ పుంజాలతో హాయిగా సంభాషించుకోవచ్చు.

అది మనం భూమి మీద కూడా చేసుకోవచ్చు. కాని రేడియో, టీవీలతో కాదు. ఎందుకంటే వాతావరణం అడ్డొస్తుంది. మరి టెలిఫోన్ల విషయం ఏమిటి?

మనం టెలిఫోన్లో మాట్లాడుతున్నప్పుడు రాగి తీగల వెంబడి విద్యుత్తు కరెంటు ప్రవహిస్తూ సందేశాలని చేరవేస్తుంది. అలాంటి తీగల ద్వారా ఎన్నో సందేశాలని చేరవేయవచ్చు. కాని రాగి తీగలకి బదులుగా సన్నని గాజు తీగల ద్వారా కాంతి కిరణాలని పంపిస్తే? లేజర్ కిరణాలని వాడితే ఈ ఆప్టిక్ ఫైబర్ల ద్వారా వందల, వేల సందేశాలని పంపించవచ్చు.

పైగా రాగి కన్నా గాజు చవక, విద్యుత్తు కన్నా సంసక్తమైన లేజర్ కాంతి మరిన్ని సందేశాలని మోసుకుపోగలదు. ఇప్పుడు ఎన్నో నగరాలని ఫైబర్ ఆప్టిక్ టెలిఫోన్ తీగలు కలుపుతున్నాయి. 1988 చివర్లో అట్లాంటిక్ మహాసముద్రానికి అడుగు వెంట ఒక ఫైబర్ ఆప్టిక్ కేబుల్ వేశారు.

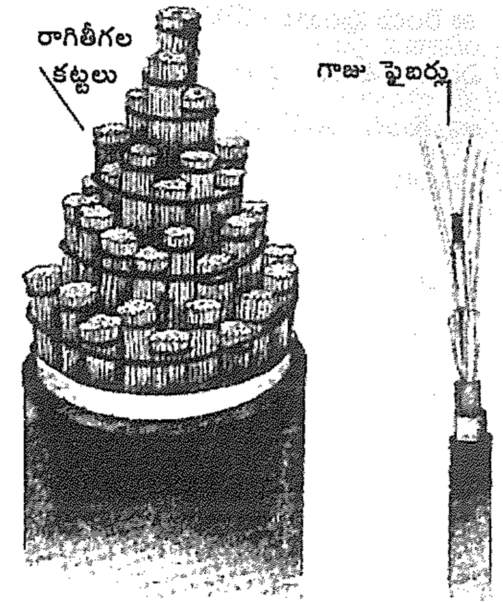
ఫైబర్ ఆప్టిక్ తీగలతో శరీరంలో మనకి కావలసిన చోటికి కాంతిని ప్రసారం చెయ్యవచ్చు.

1989 ప్రాంతాల్లో మొట్టమొదటి సారిగా లేజర్‌ని ఉపయోగించి కొన్ని రకాల క్యాన్సర్‌కి చికిత్స గురించి వైద్యులు ప్రయోగాలు చేస్తున్నారు. మొదట రోగికి ఒక కాంతిగ్రాహక మందు (photosensitive drug) ని ఎక్కిస్తారు. ఈ మందు కాంతిని గ్రహిస్తుంది.

రెండు మూడు రోజుల తరువాత ఆ మందు శరీరం అంతా బాగా వ్యాపించాక, ఒక సన్నని ఆప్టిక్ ఫైబర్‌ని శరీరంలోకి పోనిచ్చి క్యాన్సర్ ట్యూమర్ లోకి ప్రవేశపెడతారు. లేజర్ కిరణాలు ఫైబర్ ద్వారా ట్యూమర్



లోకి ప్రవేశిస్తాయి. మందు ఆ కాంతిని పీల్చుకుని చుట్టూ ఉన్న అణువులని ఉత్తేజితం చేస్తుంది. ఆ ఉత్తేజితమైన అణువులు పరిసరాలలో ఉన్న క్యాన్సర్ కణాలని నాశనం చేస్తాయి. ఈ విధానం వల్ల ట్యూమర్ నాశనం అవుతుంది గాని దాని చుట్టూ ఉన్న ఆరోగ్యవంతమైన ధాతువు సురక్షితంగానే ఉంటుంది.



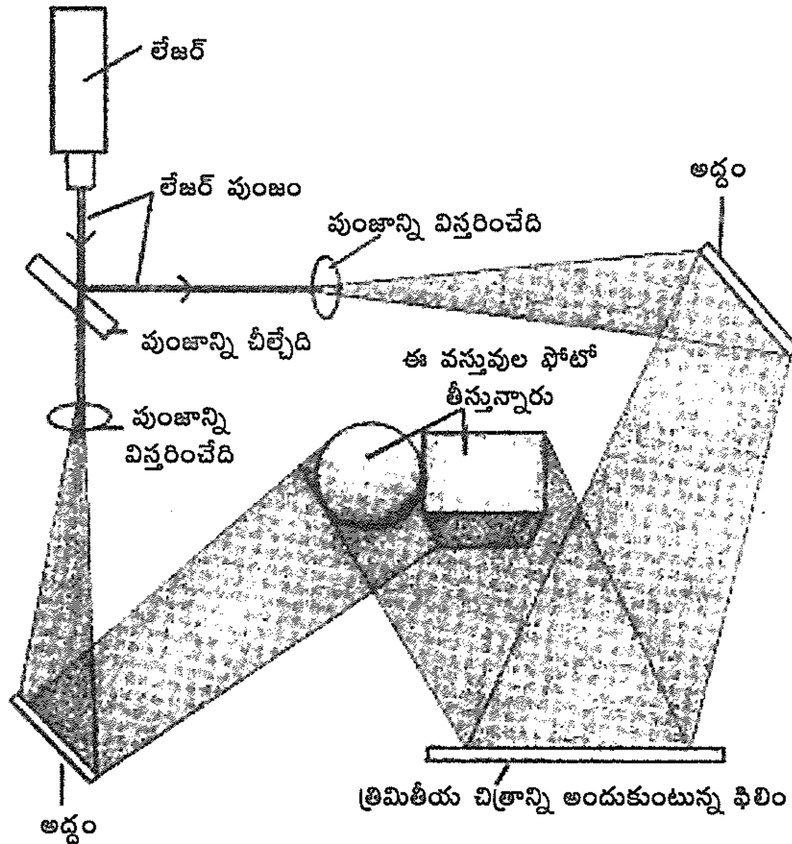
సాధారణ, కొత్త ఫైబర్ ఆప్టిక్ కేబుళ్ళ పోలిక

లేజర్ కిరణాల ఉపయోగం ఫోటోగ్రఫీలో కూడా కనిపించింది. మామూలు ఫోటోగ్రఫీలో వస్తువు నుండి ప్రతిబింబించిన కాంతి కిరణాలు ఫోటో ఫిల్మ్ మీద పడతాయి. కిరణాలు పడ్డ చోట ఫిల్మ్ నల్లబడుతుంది. పడని చోట నల్లబడదు. ఆ ఫిల్మ్ మీద ఆ విధంగా తెలుపు, నలుపు ఛాయలు ఏర్పడతాయి. దీన్నే మనం నెగెటివ్ అంటాం. దీన్ని డెవలప్ చేస్తే ఫోటో వస్తుంది. అయితే ఈ ఫోటో చదునుగా ఉంటుంది. పొడవు, వెడల్పు, ఎత్తు అనే మూడు మితులు గల త్రిమితీయ రూపాలని ఇందులో చూడలేం.

ఇప్పుడు ఒక కాంతి పుంజాన్ని రెండుగా విడగొట్టాం అనుకుందాం. కాంతి పుంజంలో ఒక పాయ మనం ఫోటో తీయగోరిన వస్తువు మీద పడి పరావర్తనం చెందుతుంది. రెండవ పాయ ఒక అద్దం మీద పడి పరావర్తనం

చెందుతుంది. ఈ రెండు పాయలు ఇప్పుడు మళ్ళీ కలిసేలా ఏర్పాటు చేస్తారు. ఈ రెండు పుంజాలు కలిసి ఒక సంక్లిష్టమైన మిశ్రమంగా తయారవుతాయి. ఎందుకంటే ఒక పుంజం వస్తువు నుండి పరావర్తనం చెంది చెల్లా చెదురు అవుతుంది. రెండో పుంజం అద్దం మీద పడి చెదిరిపోకుండా తిరిగి వెనక్కి వస్తుంది.

రెండు కాంతి పుంజాలు మళ్ళీ కలుసుకునే చోట ఒక ఫోటో ఫిల్మ్‌ని పెడితే మసకగా అలుక్కుపోయినట్లు ఉండే చిత్రం తప్ప ఏమీ కనిపించదు.




హోలోగ్రాఫ్ ఫోటో తీసే విధానం -
రెండు విభిన్న కోణాల నుంచి ఫిలిం మీదకి పడుతున్న చిత్రాలు



కాని ఇప్పుడు ఆ మసకగా, అలుక్కుపోయినట్లు ఉండే చిత్రం ఉన్న ఫిల్మ్‌లో నుంచి మళ్ళీ లేజర్‌ని ప్రసరిస్తే, ఫిల్మ్‌లో నుంచి బయటికి వచ్చిన పుంజంలో ముందు పరావర్తనం చెందిన రెండు పుంజాలలో ఉండే తరంగ విన్యాసం అంతా తిరిగి ఏర్పడి గాలిలోనే చక్కని, త్రిమితీయ ఆకృతి రూపుదాలుస్తుంది.

ఆ ఆకృతి చాలా వాస్తవంగా, అద్భుతంగా ఉంటుంది. దీన్నే హోలోగ్రాఫ్ (holograph) అంటారు.

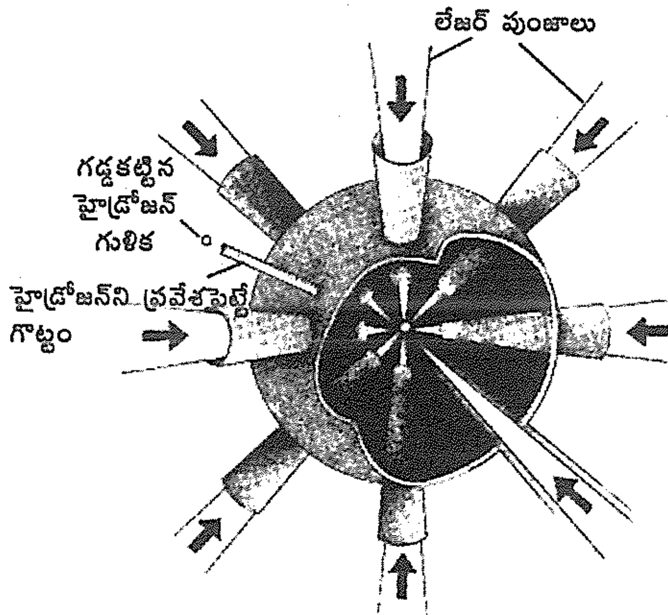
1947లో హంగరీలో పుట్టిన బ్రిటిష్ శాస్త్రవేత్త డెనిస్ గాబోర్ (1900–1979) ఈ సిద్ధాంతానికి ప్రాణం పోశాడు. ఇరవై నాలుగు ఏళ్ళ తరువాత అంటే 1971లో ఈ ఆవిష్కరణకి గుర్తింపుగా అతనికి నోబెల్ బహుమతి వచ్చింది.

బహుమతి ప్రదానానికి అంత కాలం పట్టడానికి కారణం ఉంది. చాలా కాలం వరకు హోలోగ్రాఫ్‌లు తియ్యటానికి సాధ్యపడలేదు. ఎందుకంటే అందులో మామూలు కాంతి పుంజం పనికిరాదు, లేజర్ పుంజం కావాలి. లేజర్ల నిర్మాణం తరువాతనే హోలోగ్రాఫ్‌లని తయారుచెయ్యటానికి వీలయ్యింది. మొట్టమొదటి హోలోగ్రాఫ్‌ని 1965లో ఎమెట్ ఎన్. లైథ్, జూరిస్ ఉపట్నిక్స్ అనే ఇద్దరు అమెరికన్లు రూపొందించారు.

హోలోగ్రాఫ్‌లు ఇప్పటికీ సామాన్య వాడకంలోకి రాలేదు. కాని హోలోగ్రాఫ్‌లతో బల్ల మీద త్రిమితీయ టీవీ చూడొచ్చని కొంత మంది ఊహాగానాలు చేస్తుంటారు. క్రికెట్, ఫుట్‌బాల్ లాంటి ఆటలు, పెద్ద పెద్ద సంగీత కార్యక్రమాలు చూడవచ్చు. అవి చూడటానికి చాలా వాస్తవంగా ఉంటాయి కాని అవి కేవలం సంగమిస్తున్న కిరణ సముదాయాలు మాత్రమే. అందుకే అందులో నుంచి చేయి పోనిచ్చినా ఏమీ కాదు.

ఇక మరి కొన్ని విషయాలైతే మరీ సుదూరమైన భవిష్యత్తుకి చెందినవి. హైడ్రోజన్ పరమాణువులని సంయోజించి హీలియం పరమాణువుగా మార్చి శక్తి పుట్టించటానికి శాస్త్రవేత్తలు ప్రయత్నిస్తున్నారు. నేడు మనం వాడే

మామూలు అణు రియాక్టర్ల కన్నా ఇవి మరింత హెచ్చు శక్తిని ఉత్పన్నం చేస్తాయి. అంతేకాక ఈ సంయోగ రియాక్టర్ల (fusion reactors) నుండి ఉత్పన్నం అయ్యే రేడియో ధార్మికత కూడా చాలా తక్కువగానే ఉంటుంది. కాబట్టి వాటి వల్ల ఘోరప్రమాదాలు జరిగే అవకాశం కూడా తక్కువే. అంతేకాక కేంద్రక విచ్ఛిత్తి (nuclear fission)లో వాడే పరమాణువులలా కాక, కేంద్రక సంయోగంలో (nuclear fusion) వాడే పరమాణువులు సర్వసామాన్యంగా దొరికేవి. కాబట్టి కేంద్రక సంయోగంలో వాడే ఇంధనం కోట్ల సంవత్సరాలు వస్తుంది.




ప్రయోగస్థాయిలో కేంద్రక సంయోగ రియాక్టర్ - గడ్డకట్టిన హైడ్రోజన్ గుళిక మీదకి లేజర్ పుంజాలు ప్రసరింపచేసి కోట్లాది డిగ్రీలకు వేడెక్కిస్తారు

కాని ఇక్కడ తిరకాసు ఏమిటంటే అత్యధిక ఉష్ణోగ్రత వద్ద మాత్రమే హైడ్రోజన్‌లో కేంద్రక సంయోగం జరుగుతుంది. అంతేకాక హైడ్రోజన్ పరమాణువులని ఆ ఉష్ణోగ్రత వద్ద ఒక చోట స్థిరంగా తగినంత సమయం నిలపగలగాలి. నలభై ఏళ్ళుగా శాస్త్రవేత్తలు ఈ ప్రయత్నం మీదే ఉన్నారు. ఇంకా వారిని విజయం వరించలేదు.



సంయోగాన్ని సాధించటానికి ఒక పద్ధతి ఘన స్థితిలో ఉన్న హైడ్రోజన్‌తో మొదలు పెట్టటం. గడ్డ కట్టుకున్న హైడ్రోజన్ కణిక మీద నాలుగు దిశల నుండి లేజర్ పుంజాలతో దాడిచెయ్యాలి. దాంతో దాని ఉష్ణోగ్రత కోట్ల డిగ్రీలకి చేరుతుంది. మామూలుగా అయితే వేడెక్కిన హైడ్రోజన్ వాయువుగా మారి తప్పించుకుపోతుంది. కాని లేజర్లు లిప్త కాలంలో అంత ఎక్కువ ఉష్ణోగ్రత వద్దకి దాన్ని వేడెక్కిస్తాయి. తప్పించుకుపోవటానికి వ్యవధి లేకుండా అది కేంద్రక సంయోగం చెందుతుంది.

కాని దీనిని కూడా ఇంతవరకు సాధించలేదు. మనకి ఇంకా శక్తివంతమైన లేజర్లు కావాలి. ఈ సమస్య మీద శాస్త్రవేత్తలు పనిచేస్తున్నారు.

అలాగే లేజర్లని ఉపయోగించి అణుబాంబులని మోసుకుపోయే క్షిపణులని ఛేదించే ప్రయత్నాలు కూడా చేస్తున్నారు. ఈ ఫలితం సాధించటం అంత తేలిక కాదు. ఎందుకంటే క్షిపణులు ఆకాశంలో అత్యధిక వేగంతో ప్రయాణిస్తాయి. లేజర్లని కచ్చితంగా, వేగంగా నియంత్రించి క్షిపణులని ఛేదించాలంటే కంప్యూటర్ల ప్రమేయం తప్పదు.

ప్రస్తుతం మన చుట్టూ లేజర్లను ఎన్ని రకాలుగా ఉపయోగిస్తున్నామో ఒక్కసారి ఆలోచిస్తే నిజంగా ఆశ్చర్యం కలుగుతుంది. కాని కేవలం ముప్పై ఏళ్ళ క్రితం లేజర్ల మాట ఎవరూ వినను కూడా లేదు.